



Universitat Jaume I

Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales

Grado en Ingeniería Química

***Diseño y dimensionamiento de la línea de
agua de una PTAR procedente de un
matadero porcino.***

Trabajo Final de Grado

Autora

Cristina Pallarés Bosque

Tutor

Arnaldo Vicente Moreno Berto

Castellón, Noviembre de 2016

RESUMEN

El presente trabajo final de grado plantea la problemática de depurar el agua residual de un conjunto de mataderos porcinos. El objetivo será poder verter dicha agua industrial en la depuradora municipal cumpliendo los límites de vertido marcados por las ordenanzas municipales.

Habrà de tenerse en cuenta, por una parte los elevados volúmenes de agua residuales generados en los mataderos. Y por otra parte, la alta carga contaminante asociada a los mismos. Los parámetros más significativos de estas aguas residuales son los sólidos en suspensión, la carga orgánica (DQO y DBO₅), los aceites y grasas, el nitrógeno y el fósforo.

En dicho trabajo se dimensionarán las instalaciones correspondiente a la línea de agua de la PTAR (Planta de Tratamiento de Agua Residual), para un caudal medio de 195 m³/h.

Las instalaciones mencionadas constarán de un pretratamiento, un tratamiento primario y un tratamiento secundario.

En el pretratamiento se eliminarán los constituyentes de las aguas residuales, cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares posteriores. El pretratamiento constará de un proceso de desbaste, un desarenado/desengrasado y un regulador de caudal.

El desbaste evitará que cualquier sólido con una dimensión superior a 12 mm pueda llegar a los procesos posteriores. En el desarenado/desengrasado se prevé eliminar tanto las arenas, como la gran cantidad de aceites y grasas que se producen en el proceso productivo. Por último, el tanque de homogeneización permitirá regular el caudal que entra en la PTAR, para que esta pueda estar continuamente depurando agua a un caudal constante.

En el tratamiento primario se separarán los sólidos sedimentables, materia orgánica y elementos pesados del agua residual. El tratamiento primario constará de una etapa de coagulación, una de floculación y una decantación primaria.

La coagulación permitirá que las partículas se pongan en contacto formando micro-flóculos, para ello se añadirá el suficiente cloruro férrico como para causar un nivel de desestabilización de la partícula. Los micro-flóculos interaccionarán aumentando su tamaño hasta formar flóculos grandes en la etapa de floculación. Estos flóculos serán eliminados por sedimentación en el decantador primario.

Finalmente, en el tratamiento secundario se desarrollará una degradación biológica tanto de la materia orgánica biodegradable disuelta en el agua residual, como de los nutrientes que contiene. Para ello se dimensionará un proceso de fangos activos con nitrificación y desnitrificación, este proceso estará formado por un reactor anóxico, un reactor aerobio y un decantador secundario.

ÍNDICE GENERAL

Índice General

0. Resumen.
1. Índice general.
2. Memoria.
 1. Introducción.
 2. Objetivo del proyecto.
 3. Alcance.
 4. Antecedentes.
 5. Justificación del proyecto.
 6. Normas y referencias.
 7. Definiciones y abreviaturas.
 8. Requisitos de diseño.
 9. Análisis de soluciones.
 10. Resultados finales.
 11. Planificación.
 12. Orden de propiedad entre los documentos básicos.
3. Anexos.
 1. Proceso productivos.
 2. Caracterización del influente.
 3. Cálculos.
 4. Caracterización del efluente.
 5. Fichas técnicas.
 6. Estudio viabilidad económica.
 7. Gestión de residuos.
 8. Seguridad y Salud.
4. Planos.
5. Pliego de condiciones.
6. Presupuesto y estado de mediciones.

MEMORIA

Agradecimientos

En primer lugar quiero expresar mi agradecimiento a mi tutor Arnaldo Moreno, por el apoyo y las aportaciones durante la realización del presente proyecto.

A Javier Climent, gracias tanto por los consejos, como por la incalculable ayuda recibida.

A los docentes del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Jaume I por la formación recibida durante estos años.

A mis padres y mi hermano, por su tiempo, apoyo, cariño, y sobre todo por su paciencia.

Mi agradecimiento a mis compañeros de piso de estos últimos años y amigos, por su compañía durante la redacción del presente trabajo. Especialmente a Raúl Izquierdo, por su comprensión, ayuda, y cariño.

Y por último, mis más profundos agradecimientos a mi familia. En particular, a mis abuelos y bisabuelas por haber compartido gran parte de su valioso tiempo conmigo.

Índice

1	Introducción.	9
2	Objetivo del proyecto.	10
3	Alcance.	10
4	Antecedentes.	10
5	Justificación del proyecto.	11
6	Normas y referencias.	12
6.1.	Normativa de aplicación general.	12
6.2.	Normativa de aplicación en las aguas residuales.	13
6.3.	Bibliografía.	14
6.4.	Programas informáticos empleados.	15
7	Definiciones y abreviaturas.	16
7.1.	Definiciones.	16
7.2.	Abreviaturas.	17
8	Requisitos de diseño.	18
8.1.	Caracterización del influente.	18
8.2.	Caudal medio de agua.	19
9	Análisis de soluciones.	21
9.1.	Pretratamiento.	21
9.1.1.	Aliviadero de entrada.	22
9.1.2.	Separación de grandes sólidos.	23
9.1.3.	Desbaste.	23
9.1.4.	Dilaceración.	27
9.1.5.	Desarenado.	27
9.1.6.	Desengrasado.	28
9.1.7.	Desarenado y Desengrasado.	29
9.1.8.	Homogeneización y regulación de caudales y cargas.	30
9.2.	Tratamiento primario.	31
9.3.	Tratamiento secundario.	36
9.4.	Diagrama de la solución adoptada.	43

10	Resultados finales.....	44
10.1.	Adecuación del terreno.....	44
10.1.1.	Desbroce y limpieza del terreno.	44
10.2.	Canales de distribución del agua.	44
10.2.1.	Canal principal.....	44
10.2.2.	Canal de recepción.....	44
10.3.	Pretratamiento.	45
10.3.1.	Desbaste.....	45
10.3.2.	Tanque de homogeneización.	45
10.3.3.	Desarenador - Desengrasador.	47
10.4.	Tratamiento primario.....	48
10.4.1.	Tanque de coagulación.	48
10.4.2.	Tanque de floculación.	49
10.4.3.	Decantador primario.	50
10.5.	Tratamiento secundario.	52
10.5.1.	Reactor anóxico.	52
10.5.2.	Reactor aerobio.....	52
10.5.3.	Decantador secundario.	53
11	Planificación.....	55
12	Orden de propiedad entre los documentos básicos.	56

Tablas

Tabla 1. Caracterización del influente.....	18
Tabla 2. Datos bibliográficos sobre el consumo de agua por animal sacrificado..	19
Tabla 3. Clasificación de los procesos biológicos según el elementos a eliminar o transformar	36
Tabla 4. Clasificación de los procesos biológicos según la potencia de oxidación - reducción del medio.....	40
Tabla 5. Clasificación de los procesos biológicos según el tipo de tratamiento secundario seleccionado.	40
Tabla 6. Comparación de un Proceso de Fangos Activos con un Proceso de Película Fija	41
Tabla 7. Planificación propuesta.	56

Figuras

Figura 1. Reja de limpieza manual..	24
Figura 2. Reja recta de limpieza mecánica frontal..	25
Figura 3. Proceso de Fangos Activos Modificado	42
Figura 4. Sección transversal desarenador - desengrasador.	47
Figura 5. Planificación propuesta.	55

1 Introducción.

La creciente importancia que tiene la conservación de los recursos naturales ha despertado en el hombre, la búsqueda de métodos para cuidarlos y recuperarlos, para que puedan ser aprovechados por los seres vivos; de aquí que uno de los recursos de vital importancia para el hombre, como lo es el agua, sea objeto de estudio.

La vida no puede existir sin agua, dándole el hecho notable que es el único compuesto inorgánico que es esencial para el mantenimiento de la vida orgánica. La acción del agua en el mantenimiento de la vida es varía, ya que por un lado actúa como vehículo de los alimentos, por otro cumple funciones como las de formación de estructuras biológicas organizadas a distintos niveles, la estabilización y formación natural de biopolímeros, etc.

El ciclo del agua en la Naturaleza ofrece a la Tierra unos recursos aproximadamente constantes, que considerados en su conjunto, son suficientes para satisfacer las necesidades racionales de la humanidad. Sin embargo, el progresivo desarrollo, tiene como consecuencia que la capacidad de aprovechamiento de los recursos, se ve notablemente disminuida como resultado de diversas actividades humanas que alteran su integridad.

La insuficiencia de recursos hídricos, se ha visto agudizada debido al incremento incesante de la población mundial, al extraordinario desarrollo de la producción industrial, y a la elevación del nivel de vida. Esto, modifica las características de las aguas dulces disponibles, y además, añade el aumento de la demanda de éste elemento y su escasez en determinadas áreas. De aquí la importancia que tiene el aprovechamiento integral de las aguas, y la preservación de la calidad, en condiciones óptimas, para su utilización en los diversos usos demandados por el hombre.

En relación con la contaminación, cabe recordar que las corrientes de agua han sido utilizadas desde siempre, por el hombre, como lugar idóneo para eliminar los desechos de sus distintas actividades. La preocupación que esto ocasiona se ha puesto en manifiesto a partir de la mitad del siglo XIX cuando el problema de la polución empieza a hacerse notar de una manera generalizada, debido al acusado desarrollo experimentado por la población mundial, al enorme incremento de las concentraciones humanas, y sobre todo al avanzado estado de desarrollo industrial.

No es de extrañar, por tanto, que el hombre, a la vista de esta panorámica en el consumo del agua, intente solucionar el problema de la adecuación de las aguas residuales, ya sean industriales o domésticas, a la calidad de las del cauce receptor, con el fin de no provocar daños irreversibles en las mismas.

2 Objetivo del proyecto.

El objetivo principal de dicho proyecto es la descripción de las instalaciones necesarias en la línea de agua de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de un matadero ubicado en Bejis (Castellón).

De manera que con dicha instalación se cumplan los límites marcados por la normativa de saneamiento municipal en cuanto a los vertidos se refiere. Y por tanto será anulado por completo el daño que puedan estar causando dichos vertidos en el proceso depurativo de la EDAR municipal.

3 Alcance.

El proyecto se centrará en el diseño y dimensionamiento de la línea de agua de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales procedente de una matadero porcino.

4 Antecedentes.

El presente proyecto se elabora como Trabajo Final de Grado para la obtención del título de Graduado en Ingeniería Química en la Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales de la Universidad Jaume I de Castellón.

El objetivo del proyecto ha sido marcado durante la estancia en prácticas en Domine Ingeniería.

5 Justificación del proyecto.

La generación de aguas residuales es el aspecto ambiental más relevante en un matadero, no sólo por los elevados volúmenes producidos, sino también por la alta carga contaminante de la misma.

Se considera agua residual de un matadero a aquella agua que procede tanto de los mataderos propiamente dichos, como de industrias de procesos cárnicos o derivados.

El agua residual de un matadero predomina por sus altas concentraciones de materia orgánica, sólidos en suspensión (huesos, restos de sólidos orgánicos, pelos...), aceites y grasas, así como por la elevada biodegradabilidad de la materia orgánica presentes en la misma. Por lo que este agua residual debe ser tratada, ya que el vertido de agua residual sin depurar provoca sobre los cauces receptores una serie de efectos adversos, como los mencionados a continuación:

- **Aparición de fangos y flotantes.** Por una parte, la fracción sedimentable de los sólidos en suspensión produce sedimentos en el fondo de los cauces. Y por otra parte, la fracción no sedimentable provoca una acumulación de grandes cantidades de sólido en la superficie y/o en las orillas de los cauces receptores generando capas flotantes.
La acumulación de fango y flotantes además de originar un desagradable impacto visual, puede provocar el agotamiento del oxígeno disuelto presente en las aguas debido al carácter reductor de la materia orgánica y provocar el desprendimiento de malos olores.
- **Agotamiento del contenido de oxígeno presente en las aguas.** Los componentes de las aguas residuales fácilmente oxidables empezarán a ser degradados vía aerobia por la flora bacteriana de las aguas del cauce, con el consiguiente consumo de oxígeno disuelto, provocando que la cantidad oxígeno disminuya por debajo de los valores mínimos necesarios para que exista vida acuática. Una vez se consuma el oxígeno disponible, se inician los procesos de degradación vía anaerobia, los cuales provocan olores desagradables, al liberarse gases que son los causantes de estos olores.
- **Aporte excesivo de nutrientes.** Las aguas residuales contienen nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, causantes del crecimiento descontrolado de algas y otras plantas en los cauces receptores. Un crecimiento excesivo puede impedir utilizar esas aguas para usos domésticos e industriales.
- **Daños a la salud pública.** Los vertidos de aguas residuales sin depurar pueden ayudar a propagar organismo patógenos para el ser humano.

Por todos estos efectos adversos y muchos más, es necesario instalar estaciones depuradoras con el objetivo de eliminar una elevada proporción de los contaminantes presentes en las aguas residuales, vertiendo efluentes depurados, que puedan ser asimilados de forma natural por los cauces receptores.

6 Normas y referencias.

6.1. Normativa de aplicación general.

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Ley 3/2004, de 30 de junio de la Generalitat, de Ordenación y Fomento de la Calidad de la Edificación (LOFCE).
- Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de protección del ambiente atmosférico.
- Orden 266 de la Consellería de Gobernación de 7 de Julio de 1983, por la que se aprueba la Instrucción número 2/1983, que establece las directrices para la redacción de los proyectos técnicos que acompañan a las solicitudes de licencias de actividades sometidas al Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia.
- Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica.
- Ley 6/2014, de Prevención, Calidad y Control Ambiental de Actividades en la Comunitat Valenciana.
- Decreto 266/2004, de 3 de diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios.
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de protección del ambiente atmosférico.
- Real Decreto 547/1979, de 20 de febrero, sobre modificaciones del anexo IV del Decreto 833/1975, de 8 de febrero, por el que se desarrolla la Ley de Protección del Ambiente Atmosférico.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

6.2. Normativa de aplicación en las aguas residuales

- Decreto 201/2008, de 12 de diciembre, del Consell, por el que se regula la intervención ambiental en las instalaciones públicas de saneamiento de aguas residuales.
- Decreto 120/2006, de 11 de agosto, del Consell, por el que se aprueba el Reglamento de Paisaje de la Comunitat Valenciana.
- Decreto 40/2004, de 5 de marzo, del Consell de la Generalitat, por el que se desarrolla el régimen de prevención y control integrados de la contaminación en la Comunidad Valenciana.
- Decreto 127/2006, de 15 de septiembre, del Consell, por el que se desarrolla la Ley 2/2006, de 5 de mayo, de la Generalitat, de Prevención de la Contaminación y Calidad Ambiental.
- Orden de 31 de enero de 2007, de la Conselleria de Territorio y Vivienda, por la que se establece el procedimiento para la comunicación de datos sobre emisiones por parte de los titulares de instalaciones sometidas al anexo 1 de la ley 2/2006, de 5 de mayo, de prevención de la contaminación y calidad ambiental.
- Orden de 1 de abril de 1993, del Conseller de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes, por la que se establecen las relaciones entre la conselleria y la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana, para la realización de sistemas públicos de saneamiento y depuración.
- Orden de 9 de noviembre de 1999, del conseller de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes, por la que se establecen las relaciones entre la Conselleria y la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana, para la realización de obras de infraestructuras de abastecimiento de agua.
- Ley 2/1989, de 3 de marzo, de la Generalitat Valenciana, de Impacto Ambiental.
- Ley 6/2014, de 25 de julio, de la Generalitat, de Prevención, Calidad y Control Ambiental de Actividades en la Comunitat Valenciana.
- Decreto 170/1992, de 16 de octubre, del Gobierno Valenciano, por el que aprueba el Estatuto de la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana.
- Decreto 116/2004, de 9 de julio, del Consell de la Generalitat, por el que se modifican los artículos 1 y 7 del Estatuto de la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana, aprobado por el Decreto 170/1992, de 16 de octubre.

6.3.Bibliografía.

INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES. Tratamiento, vertido y reutilización. Metcalf & Eddy. Ed. Mc. Graw-Hill (1998).

MANUAL DE DISEÑO DE ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES. Aurelio Hernández Lehmann. Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (1997).

DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES. Aurelio Hernández Muñoz. Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (1996).

MANUAL DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES. Mariano Seoáñez Calvo. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.L. (2012).

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Un enfoque práctico. David L. Russell. Ed. Reverté, S.A. (2012).

MANUAL DE DEPURACIÓN URALITA. Aurelio Hernández Muñoz. Aurelio Hernández Lehmann. Pedro Galán Martínez. Ed. Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A. (2000).

REACTORES BIOLÓGICOS. Fundamentos e Aplicações. M. Manuela Da Fonseca. José A. Teixeira. Ed. Lidel. (2007).

TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LAS AGUAS RESIDUALES. Eduardo Ronzano. José Luis Dapena. Ed. Díaz de Santos, S.A. (2002).

TRATAMIENTO FÍSICO - QUÍMICO DE AGUAS RESIDUALES. COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN. Aguilar M.C., Sáez J., Llorens M., Soler A., Ortuño J.F., Ediciones de la Universidad de Murcia.

Apuntes de la asignatura EQ1019. MECÁNICA DE FLUIDOS, Universidad Jaume I.

Apuntes de la asignatura EQ1027. TECNOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE, Universidad Jaume I.

Apuntes de la asignatura EQ1030. REACTORES QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS, Universidad Jaume I.

Apuntes de la asignatura EQ1031. PROYECTOS DE INGENIERÍA, Universidad Jaume I.

Apuntes de la asignatura ENGENHARIA BIOQUÍMICA I, Universidade de Aveiro.

Apuntes. CURSO SOBRE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y EXPLOTACIÓN DE ESTACIÓN DEPURADORES. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (2013).

Apuntes. CURSO SOBRE ESTACIONES DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES (EDAR): FUNCIONAMIENTO Y EXPLOTACIÓN. Centro de Estudios de Postgrado y Formación Continua. Universidad Jaume I. (2016).

DOCUMENTO DE REFERENCIA SOBRE LAS MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES PARA MATADEROS E INDUSTRIAS DE SUBPRODUCTOS ANIMALES. Dirección General Centro Común de Investigación. Comisión Europea.

GUÍA PRÁCTICA DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL. Instalaciones para el sacrificio de animales. Dolores Segura Pachón. Francisco Fernández Latorre. Jorge M. Soria Tonda. Víctor Ramos Sánchez . Ed. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

GUÍA DE MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES DEL SECTOR PORCINO. Isabel García Sanz. Manuel Bigeriego Martín de Saavedra. Carmen Canales Canales. María Colmenares Planas. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2010).

Monográficos. Agua en Centro América. MANUAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS. Alianza por el Agua.

6.4. Programas informáticos empleados.

Los programas informáticos utilizados para la elaboración del proyecto son los siguientes:

- Microsoft Office Word 2007
- Microsoft Office Excel 2007
- AutoCAD 2016
- Cype 2015

7 Definiciones y abreviaturas.

7.1. Definiciones.

Aguas residuales. Son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente.

Aguas abajo. Con relación a una sección de un curso de agua, se dice que un punto está aguas abajo, si se sitúa después de la sección considerada, avanzado en el sentido de la corriente.

Aguas arriba. Con relación a una sección de un curso de agua, se dice que un punto está aguas arriba, si se sitúa antes de la sección considerada.

Caudal. El caudal se define como el volumen de agua por unidad de tiempo que atraviesa una superficie. Sus unidades en el sistema internacional son (m^3/s).

Caudal medio. Es el promedio de los caudales durante un determinado tiempo.

Caudal máximo. Caudal máximo o de crecida que se alcanzará a lo largo de un determinado tiempo.

Valor límite de emisión. Se define como valor límite de emisión la cantidad o la concentración de un contaminante o grupo de sustancias contaminantes cuyo valor no debe superarse por el vertido, dentro de uno o varios periodos determinados.

Influyente. Corriente de fluido que entra, en este caso de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales.

Efluente. Corriente de fluido que sale, en este caso de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales.

Procesos aerobios. Son los procesos de tratamiento biológico que se dan en presencia de oxígeno.

Procesos anaerobios. Son los procesos de tratamiento biológico que se dan en ausencia de aire.

Procesos anóxicos. Son los procesos de tratamiento biológico que se dan en ausencia de oxígeno.

Eliminación biológica de nutrientes. Término que se aplica a la eliminación de nitrógeno y fósforo mediante procesos de tratamiento biológico.

Nitrificación. Es el proceso biológico mediante el cual el amoníaco se transforma, primero en nitrito y posteriormente en nitrato.

Desnitrificación. Proceso biológico mediante el cual el nitrato se convierte en nitrógeno gas y en otros productos gaseosos.

Substratos. Es el término empleado para representar la materia orgánica o los nutrientes que sufren una conversión o que pueden constituir un factor limitante en el tratamiento biológico.

Biocenosis. Conjunto de organismos de especies diversas, vegetales o animales, que viven y se reproducen en un determinado territorio o espacio vital cuyas condiciones ambientales son las adecuadas para que en él se desarrolle una determinada comunidad de seres vivos.

7.2. Abreviaturas.

PTAR. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

DQO. Demanda Química de Oxígeno.

DBO₅. Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días.

MES. Materias En Suspensión.

NKT. Nitrógeno Total Kjeldahl.

VLE. Valor límite de emisión.

Q_{medio} . Caudal medio.

$Q_{máx}$. Caudal máximo.

8 Requisitos de diseño.

Puesto que el impacto ambiental que generan las aguas residuales en un matadero se debe tanto a los elevados volúmenes producidos, como a la alta carga contaminante de las mismas. Los requisitos de diseño marcados para la elaboración del presente proyecto, se han dividido en dos apartados.

En el primer apartado será cuantificada la alta carga contaminante a través de la caracterización del influente.

Y, en el segundo apartado se cuantificará el volumen de agua residual generado a través del caudal medio de agua a tratar.

8.1. Caracterización del influente.

El objetivo principal de cualquier Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es cumplir con los valores límites marcados. Estos valores límites marcan la cantidad o la concentración de un grupo de sustancias contaminantes cuyo valor no debe superarse por el vertido.

Por lo cual, es necesario conocer los valores que cuantifican la contaminación del influente que pretende ser tratado. Todos estos valores, a excepción de la temperatura, han sido proporcionados por la empresa promotora.

Tabla 1. Caracterización del influente.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno, DQO	8000	mgO_2/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO ₅	3725	mgO_2/l
Materias en Suspensión, MES	4000	mg/l
Nitrógeno Total Kjeldahl, NKT	550	mgN/l
Aceite y Grasas	1600	mg/l
Fósforo Total	75	mgP/l
pH	7,5	$u.pH$
Temperatura	43,43	$^{\circ}C$

8.2.Caudal medio de agua.

Para obtener un dimensionamiento adecuado es necesario conocer datos fiables sobre el caudal que se quiere tratar. En este caso en particular, no es posible medir directamente el caudal medio de agua residual, y no se disponen de series históricas de los mismos, por lo cual se ha obtenido el caudal medio a partir de datos bibliográficos referidos al consumo de agua por animal sacrificado.

El caudal medio ha sido calculado como el resultado de aplicar el consumo de agua por animal sacrificado, por el número de animales sacrificados, repartidos uniformemente en las veinticuatro horas del día los siete días de la semana, puesto que la planta de tratamiento trabaja en continuo para evitar así problemas en el funcionamiento y explotación de la misma.

El consumo de agua por animal sacrificado se ha obtenido a partir de datos bibliográficos. Debido a la gran diferencia existentes entre estos datos se ha realizado un promedio de los mismos.

Tabla 2. Datos bibliográficos sobre el consumo de agua por animal sacrificado.

Fuente	Dato
Depurtech	250 <i>litros /cerdo</i>
Melquizo B., Samuel. Fundamentos en las edificaciones e Instalaciones de abasto en las edificaciones. Centro de Publicaciones Universidad Nacional Medellín 1994	300 <i>litros /cerdo</i>
Higiene e inspección de carnes. Benito Moreno.	400 <i>litros /cerdo</i>
Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos. Nelson Leonard Nemerow, Avijit Dasgusta.	541 <i>litros /cerdo</i>
Promedio	372,75 <i>litros /cerdo</i>

El número medio de animales sacrificados al día se obtiene teniendo en cuenta que el matadero permanece abierto seis días a la semana, sacrificando de media 140 animales cada día trabajado. Por lo cual si el matadero permaneciera abierto todos los días sacrificaría de media 120 animales al día.

Por tanto:

$$Q_{medio} = \text{Número de animales sacrificados} \cdot \text{Consumo de agua por animal}$$

$$Q_{medio} = \frac{120 \text{ cerdos/día} \cdot 372,75 \text{ litros /cerdo}}{1000 \text{ litros/m}^3} = 44,73 \text{ m}^3/\text{día}$$

Debe tenerse en cuenta, que el caudal que entra a la planta depuradora está sometido a variaciones horarias generadas por el proceso productivo. Para evitar estas variaciones en el caudal, las cuales pueden dificultar el proceso de tratamiento se instalará un tanque de regulación de caudal con el objetivo de que la planta trabaje constantemente a caudal medio. De manera que el caudal de salida del tanque de regulación será el caudal medio, por lo que a partir de ese punto la planta trabajará a caudal medio constantemente.

Una vez determinado el caudal medio diario se inicia el dimensionamiento de la planta. Sin embargo, al determinar las dimensiones del canal encargado de guiar el agua desde el tanque de regulación a través de la planta de tratamiento, se obtiene que la altura del agua en el canal es demasiado pequeña. Esto puede provocar problemas, así que debe aumentarse este valor. La única manera de aumentar la altura del agua respetando los valores mínimos asumibles para el correcto funcionamiento de la planta depuradora, es aumentar el caudal medio.

Para aumentar el caudal medio debe aumentar el caudal de entrada. Para ello se ha optado por unificar el agua residual de todos los mataderos que se encuentran a una determinada distancia, de esta forma se obtienen los valores mínimos asumibles para el dimensionamiento del canal.

El caudal medio, con el que se dimensionará toda la estación depuradora será:

$$Q_{medio} = 193,3 \approx 195 \text{ m}^3/h$$

9 Análisis de soluciones.

El tratamiento de las aguas residuales, llevado a cabo en las plantas depuradoras, consta de un conjunto de operaciones físicas, químicas y biológicas, que persiguen eliminar la mayor cantidad posible de contaminantes antes de su vertido, de forma que los niveles de contaminación que queden en los efluentes tratados cumplan los límites legales existentes.

Los procesos y operaciones unitarias se combinan y complementan para dar lugar a diversos niveles de tratamiento de las aguas residuales. Los niveles de tratamiento considerados habitualmente se explican a continuación.

La selección de los procesos adecuados es una actuación compleja que requiere, en primer lugar, un conocimiento profundo de los diferentes procesos y tecnologías existentes, sus rendimientos, sus ventajas e inconvenientes, así como su fiabilidad y grado de flexibilidad.

Otro aspecto determinante para la selección de los procesos adecuados es conocer lo más exactamente posible las características de las aguas residuales a tratar (caudales, cargas contaminantes, magnitud de la contaminación industrial, etc.).

El factor que más incide en la definición de los procesos y operaciones de la línea de agua es el grado de depuración requerido, que estará en función de las cargas contaminantes del agua residual bruta y de los valores límites exigidos por la normativa pertinente.

9.1.Pretratamiento.

Las aguas residuales antes de su tratamiento, propiamente dicho, se someten a un pretratamiento, que comprende una serie de operaciones físicas y mecánicas, que tiene por objetivo eliminar en la medida de lo posible la mayor cantidad de materias, que por su naturaleza o tamaño, puedan dar lugar a perturbaciones en etapas posteriores del tratamiento, originando obstrucciones de tuberías, válvulas y bombas, desgaste de equipos, formación de costras, etc.

Es indispensable dar al pretratamiento la importancia que tiene, cuidando su diseño y su explotación, ya que cualquier defecto, puede repercutir negativamente en el resto de las instalaciones.

El pretratamiento consta de los siguientes procesos (una planta de tratamiento puede incluir una o varias de estas operaciones, según su importancia y la calidad del agua que debe ser tratada):

- Aliviadero de agua en exceso, para evitar sobrecargas hidráulicas en el proceso.
- Separación de grandes sólidos.
- Desbaste, para la eliminación de sustancias con un determinado tamaño.
- Dilaceración, para triturar las materias sólidas.
- Desarenado, para la eliminación de arenas y sustancias sólidas densas en suspensión.
- Desengrasado, para la eliminación de los distintos tipos de grasas y aceites presentes en el agua residual, así como de elementos flotantes.
- Homogeneización y regulación de caudales y cargas.

9.1.1. Aliviadero de entrada.

Su misión es evacuar fuera de la instalación los excedentes de caudal de agua que puedan aparecer y que superen la capacidad de la planta de tratamiento. Por otro lado, parte de esos excedentes pueden estar contaminados al haber estado en contacto con agentes contaminantes, por lo cual no es correcto desviarlos fuera de la planta. Será necesario entonces construir unos depósitos de retención que permitan recoger esos líquidos procedentes de los aliviaderos, para que puedan ser tratados posteriormente a caudales asimilables por la planta de tratamiento.

Normalmente, en las zonas con posible contaminación, la escorrentía superficial inicial suele llevar la mayor parte de la carga contaminante, y se calcula que esto ocurre en los primeros 15 minutos de lluvia. Después, y durante unos 15 o 20 minutos más, el agua estará menos contaminada. A partir de ese momento el agua estará casi sin contaminar. En función de lo indicado, lo razonable será construir el depósito de retención temporal con una capacidad suficiente para recoger una escorrentía máxima durante 30 minutos. Una vez recogidas estas aguas contaminadas, serán conducidas desde el depósito hasta el canal de entrada a la planta de tratamiento, con un caudal tal que, sumando al de entrada normal para tratamiento, no supere en ningún momento el caudal máximo admisible.

En la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales objeto del presente proyecto únicamente será depurada el agua residual procedente del proceso productivo. Por tanto, será innecesario instalar un aliviadero de entrada, puesto que en ningún caso se prevé tratar el agua de escorrentía o cualquier otro tipo de agua residual.

9.1.2. Separación de grandes sólidos.

Cuando se prevé en el agua residual bruta la existencia de grandes sólidos o de una excesiva cantidad de arenas, que podrían provocar problemas en las operaciones de desarenado, se debe incluir en cabecera de la instalación, un sistema de separación de grandes sólidos. Este consiste en un pozo situado a la entrada del colector a la depuradora.

En este caso en particular, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales trata el agua residual procedente de varios matadero, esto hace prever que en el agua residual bruta no existan grandes sólidos, por tanto se ha optado por no instalar esta operación.

9.1.3. Desbaste.

El desbaste se realiza por medio de rejillas (rejas, mallas o cribas), y tiene como objetivo retener y separar los cuerpos voluminosos flotantes y en suspensión, que arrastra consigo el agua residual, que de otro modo podrían deteriorar o bloquear los equipos mecánicos y obstruir el paso de la corriente de agua.

Se consigue así:

- Eludir posteriores depósitos.
- Evitar obstrucciones en canales, tuberías y conducciones en general.
- Interceptar las materias que por sus excesivas dimensiones podrían dificultar el funcionamiento de las unidades posteriores.
- Aumentar la eficiencia de los tratamientos posteriores.
- Indirectamente, el consumo total de oxígeno necesario para la depuración.

Puede decirse que, salvo excepciones, la instalación de rejillas de desbaste es indispensable en cualquier depuradora, retirando al máximo las impurezas del agua para su eliminación directa, compactadas o no, en vertederos de residuos sólidos, o por incineración.

9.1.3.1. Rejas.

En las rejas, la separación de los sólidos se realiza mediante barros. En función de su separación las rejas pueden clasificarse en:

- Rejas de finos con paso libre entre barros de 6 a 12 mm.
- Reja de gruesos con paso libre entre barros de 20 a 60 mm.

En cuanto a las características de los barros estos deben tener unos espesores mínimos fijados en los siguientes valores:

- Rejas de gruesos: entre 12 y 25 mm.
- Reja de finos: entre 6 y 12 mm.

Por el método de limpieza de las rejas pueden clasificarse en:

A. Rejas de limpieza manual.

Las rejas de este tipo se utilizan en pequeñas instalaciones o como protección de elevaciones (bombeo o tornillos) cuando éstas se realizan previamente al desbaste. La tendencia de los últimos años ha sido la de instalar rejas de limpieza mecánica, incluso en pequeñas instalaciones para reducir al mínimo el trabajo manual y mejorar así la explotación.

Las rejas manuales están constituidas por barros rectos normalmente inclinados con ángulos de 60 – 80°, sobre la horizontal. Su longitud no debe exceder de lo que pueda rastrillarse fácilmente a mano.

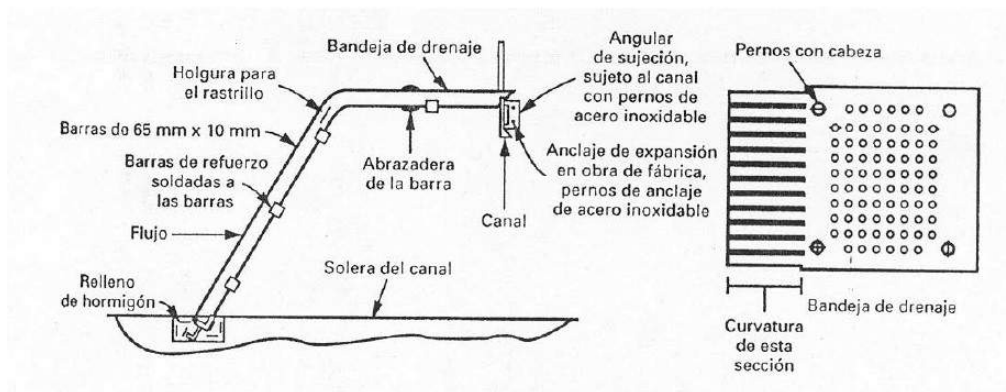


Figura 1 - Reja de limpieza manual

La limpieza se hace mediante rastrillos, con los cuales periódicamente, los objetos rastrillados se almacenan sobre una placa perforada, situada sobre el canal, para su escurrido. Con la limpieza se hace periódicamente, cuando se alcanza un cierto grado de colmatación, la eliminación de la materia almacenada entre limpiezas puede dar como resultado un aumento brusco de la velocidad del agua través de la reja, lo que ocasiona una reducción del rendimiento de retención de residuos. La limpieza manual tiene también el riesgo de que se provoquen estancamientos. Es por ello que se necesita una especial vigilancia y la necesidad de calcular ampliamente la superficie para evitar limpiezas demasiado frecuentes, y riesgos de atascamientos.

B. Rejas de limpieza mecánica.

Las rejas de limpieza mecánica eliminan los problemas de atascos y reducen el tiempo necesario para su mantenimiento. El tipo de mecanismos más empleado consiste en un peine móvil, que periódicamente barre la reja, extrayendo los sólidos retenidos para su evacuación.

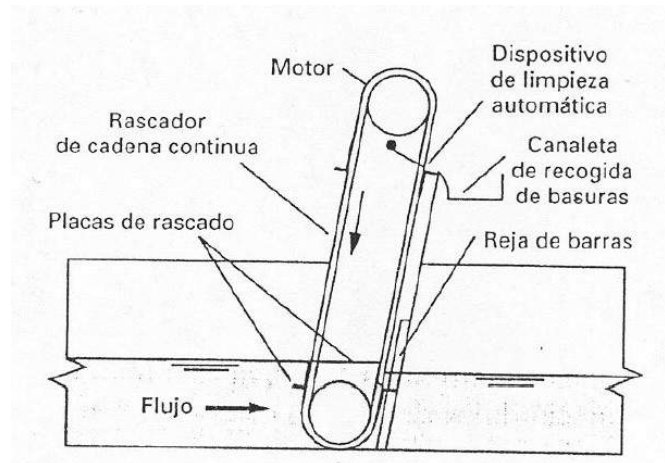


Figura 2 - Reja recta de limpieza mecánica frontal

La limpieza puede realizarse según su construcción, por la cara anterior o la posterior, teniendo cada tipo sus ventajas e inconvenientes. Las primeras son más eficaces en la retención de sólidos, pero más susceptibles a posibles atascamientos cuando se depositan sólidos al pie de la misma, provocando el bloqueo del mecanismo hasta que la obstrucción no se elimine. Las segundas, no tienen problema de atascamiento, ya que los rastrillos se desplazan por detrás de la reja, libre de obstrucciones, sin embargo, están sujetas a un mayor peligro de rotura de los dientes debido a la mayor longitud de los mismos y al inconveniente de que los sólidos que quedan retenidos en el rastrillo puedan retornar al agua bruta, dado que el mecanismo de limpieza se situará aguas abajo de la reja.

El funcionamiento, generalmente discontinuo, del dispositivo de limpieza mecánica de las rejas, puede automatizarse, mediante:

- Temporización. Se establece la secuencia de trabajo en función del tiempo de funcionamiento diario calculado, mediante un reloj eléctrico de cadencia - duración regulable.
- Pérdida de carga. La operación de limpieza se pone en marcha automáticamente cuando la pérdida de carga entre la zona anterior y posterior de la reja, debido a la colmatación parcial de la misma, sobrepasa un valor establecido.
- Sistema combinado de temporización y pérdida de carga.
- Las rejas deben ir equipadas de un dispositivo limitador de par, para que en caso de sobrecarga o de bloqueo la pongan fuera de servicio, evitando el deterioro de la misma.

En cuanto a su diseño y concepción, las rejas mecánicas pueden ser de dos tipos:

A. Rejas curvas.

Las rejas curvas son de limpieza frontal, consistiendo el sistema de limpieza en uno o dos peines montados en el extremo de un brazo que gira alrededor de un eje horizontal.

B. Rejas rectas.

Las rejas rectas, tanto de limpieza frontal como de limpieza posterior, tienen numerosas variantes en su construcción y diseño, fundamentalmente debido al sistema de limpieza, utilizándose generalmente en instalaciones importantes.

9.1.3.2. Tamices.

Tiene como objetivo la reducción del contenido en sólidos en suspensión de las aguas residuales, mediante su filtración a través de un soporte delgado dotado de ranuras de paso. De manera que afina el proceso de desbaste.

Los tamices o cribas pueden ser de tres tipos: de banda, de disco o de tambor, aunque los más útiles son los de tambor.

La principal diferencia entre las rejas y los tamices es la separación entre los barrotes, en esta caso, se prevé que la mayor cantidad de sólidos en suspensión pueda eliminarse en las rejas. La cantidad restante de los sólidos en suspensión será eliminada perfectamente en posteriores operaciones sin deteriorar o bloquear los equipos mecánicos utilizados en la Planta de Tratamiento. Por tanto, el sistema de desbaste seleccionado es de reja recta de limpieza mecánica en la cara anterior.

9.1.4. Dilaceración.

La dilaceración tiene por objeto triturar las materias sólidas arrastradas por el agua. Estas materias en lugar de separarse del efluente bruto, se las reduce a un tamaño menor y uniforme y continuará en el circuito de agua hacia las siguientes fases de tratamiento.

Esta operación está muy cuestionada y en la actualidad ha desaparecido de las instalaciones de depuración españolas y europeas. Por un lado, no parece razonable mantener o retornar al proceso aquellos sólidos que puedan separarse mediante desbaste, ya que lo único que se consigue es recargar y empeorar la calidad del agua residual que va a ser tratada posteriormente. Además, en la práctica esta operación produce continuos problemas de funcionamiento. Por tanto, se ha optado por no instalar esta operación.

9.1.5. Desarenado.

Su función es separar los elementos pesados en suspensión (arenas, arcillas...), que lleva el agua residual y que perjudican el tratamiento posterior, generando sobrecargas en fangos, depósitos en las conducciones hidráulicas, tuberías y canales, abrasión en rodets de bomba y equipos, y disminuyen la capacidad hidráulica. La retirada de estos sólidos se realiza en depósitos, donde se remansa el agua, se reduce la velocidad del agua, aumentando la selección de paso. Las partículas en suspensión, debido al mayor peso, se depositan en el fondo del depósito denominado desarenador. Esta retención se podría hacer en los tanques de decantación, pero la mezcla de arenas y lodos complicaría los procesos siguientes del tratamiento de lodos.

La entrada de arena en los elementos de los tratamientos primario y secundario (tanques de decantación, lechos bacterianos, balsas de activación, etc.) perturbaría su funcionamiento, entre otras, por las siguientes razones:

- Debido al aumento de la densidad del fango, lo cual dificulta su separación de las paredes y del fondo de los depósitos, así como de las conducciones.
- Debido al aumento del riesgo de atascamientos, lo cual provoca acumulaciones en canales y tuberías, sobre todo en los cambios de dirección.
- Debido a la abrasión provocada sobre los elementos mecánicos en movimiento.

Es por ello necesario proceder a la separación de las arenas en el pretratamiento.

El término "arena" empleado en el tratamiento de las aguas residuales corresponde a partículas que poseen las dos características siguientes:

- No son putrescibles.
- Tienen velocidades de sedimentación sensiblemente superiores a las de los sólidos orgánicos putrescibles.

Esta segunda característica diferencial constituye el principio de funcionamiento de los desarenadores.

El procedimiento utilizado, para proceder a la separación de la arena del agua residual, consiste en provocar una reducción de la velocidad del agua por debajo de los límites de precipitación de los granos de dichas arenas, pero por encima de los de sedimentación de la materia orgánica. De no cumplirse esta última condición, se producirían depósitos de materia, susceptibles de fermentación, que produciría malos olores y sería de incómodo manejo.

9.1.6. Desengrasado.

En esta etapa se eliminan las grasas y demás materias flotantes más ligeras que el agua. Son importantes los volúmenes de grasas que se vierten en los colectores, procedentes de los hogares, calefacciones, lavaderos, mataderos y de la escorrentía superficial en colectores unitarios.

Las grasas han creado muchos problemas en la técnica de la depuración de aguas residuales, especialmente en los elementos y procesos siguientes:

- En rejillas finas causan obstrucciones que aumentan los gastos de conservación.
- En los decantadores forman una capa superficial que dificulta la sedimentación al atraer hacia la superficie pequeñas partículas de materia orgánica.
- En la depuración por el sistema de fangos activados dificultan la correcta aireación.
- Perturban el proceso de digestión de lodos.
- La DQO se incrementa en un 20 a 30%, en mataderos por ejemplo pasan de un 8 a un 15% por las grasas contenidas en los vertidos.

Dentro de los desengrasadores se distingue entre los desengrasadores estáticos y los aireados.

En los desengrasadores estáticos se hace pasar el agua a través de un depósito dotado de un tabique, que obliga al agua a salir por la parte inferior del mismo, lo que permite que los componentes de menor densidad que el agua, queden retenidos en la superficie. La retirada de las grasas se lleva a cabo de forma manual.

En los desengrasadores aireados se inyecta aire con objeto de desemulsionar las grasas y lograr una mejor flotación de las mismas.

9.1.7. Desarenado y Desengrasado.

En plantas de tamaño medio-grande las operaciones de desarenado y desengrasado se llevan a cabo de forma conjunta en unidades de tratamiento conocidas como desarenadores-desengrasadores aireados. Analizando las interacciones que tienen lugar en la realización conjunta, se comprueba que:

- Las velocidades de sedimentación de las arenas y de flotación de las partículas de grasa no se modifican prácticamente por realizar el desarenado y la desemulsión de grasas en el mismo depósito. Ello es lógico si se considera la diferencia de densidades entre las partículas de arena y de grasa.
- El aire comprimido añadido para la desemulsión ayuda a impedir la sedimentación de las partículas de fango, poco densas por lo que la arena depositada en el fondo del desarenador es más limpia.
- Las partículas de arena, al sedimentar, deceleran las velocidades ascensionales de las partículas de grasa. Disponen así éstas de más tiempo para ponerse en contacto entre sí durante su recorrido hacia la superficie, aumentándose el rendimiento de la flotación de grasas.

Como puede verse, la realización de los procesos de desarenado y desemulsión conjuntamente en un solo depósito conduce a resultados positivos en los rendimientos alcanzados en ambos procesos.

Por otro lado, al poder realizarse estos procesos simultáneamente, se puede conseguir ahorro de volumen total necesario para la realización de ambos procesos, adoptando como determinantes y único el mayor volumen de los dos necesarios para cada uno de los procesos.

Por tanto, se ha optado por instalar el proceso de desarenado y desengrasado conjuntamente en la Planta de Tratamiento de Agua Residual objeto de dicho estudio.

9.1.8. Homogeneización y regulación de caudales y cargas.

La homogeneización y regulación de caudales, es una medida que se emplea para superar los problemas que provocan en las instalaciones las excesivas variaciones de caudal y concentraciones de los contaminantes, de tal manera que se mejore la efectividad de los procesos situadas aguas abajo.

La homogeneización consiste en amortiguar por laminación las variaciones de caudal, con objeto de conseguir un caudal lo más constante posible. Con su homogeneización se consigue asimismo un efecto laminador sobre las variaciones de carga. Esta operación se realiza mediante un tanque.

Las principales ventajas que produce la homogeneización de los caudales son las siguientes:

- Mejora del tratamiento biológico, ya que eliminan o reducen las cargas de choque, se diluyen las sustancias inhibitoras, y se consigue estabilizar el pH.
- Mejora de la calidad del efluente y del rendimiento de los tanques de sedimentación secundaria al trabajar con cargas de sólidos constantes.
- Reducción de las superficies necesarias para la filtración del efluente, mejora del rendimiento de los filtros y posibilidad de conseguir ciclos de lavado más uniforme.
- En el tratamiento química, el amortiguamiento de las cargas aplicadas mejora el control de la dosificación de los reactivos y la fiabilidad del proceso.

Aparte de la mejora de la mayoría de las operaciones y procesos de tratamiento, la homogeneización del caudal es una opción alternativa para incrementar el rendimiento de las plantas de tratamiento que se encuentran sobrecargadas.

En este caso se considera útil instalar un tanque de regulación, puesto que los mataderos, objeto de este proyecto, no trabajan constantemente, sin embargo la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales sí. De manera que la función principal de este tanque será regular el caudal de entrada a la depuradora, consiguiendo que este sea un caudal constante.

9.2.Tratamiento primario.

El tratamiento primario puede definirse como el tratamiento de aguas residuales mediante un proceso físico o fisicoquímico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO₅ de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos, en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos un 50%. El nivel de reducción de la contaminación que se alcanza en un tratamiento primario depende del proceso utilizado y de las características de las aguas residuales.

El principal objetivo de los tratamientos primarios se centran en la eliminación de una fracción considerable de los sólidos en suspensión, esto conlleva a una cierta reducción de la contaminación biodegradable del agua residual, dado que una parte de los sólidos que se eliminan están constituidos por materia orgánica.

Los tratamientos primarios más habituales son los siguientes:

- Decantación primaria. El objetivo de la decantación primaria es la reducción de los sólidos en suspensión de las aguas residuales, bajo la exclusiva acción de la gravedad.
- Tratamientos fisicoquímicos. Este tratamiento tiene la finalidad de aumentar la reducción de los sólidos en suspensión mediante la adicción de ciertos productos químicos incrementando el tamaño y la densidad de los sólidos, para ello se necesitan unos sistemas de dosificación muy correctos.

Los tratamientos fisicoquímicos se aplica fundamentalmente:

- Cuando las aguas residuales presentan vertidos industriales que puedan afectar negativamente al tratamiento biológico.
- Para evitar sobrecargas en el posterior tratamiento biológico.
- Cuando se dan fuertes variaciones estacionales de caudal.
- Para la reducción del contenido en fósforo.

Existen múltiples procesos que se pueden considerar incluidos dentro del tratamiento primario, los principales procesos se pueden clasificar según:

- Procesos de separación sólido-líquido.
- Sedimentación, también puede ser denominada decantación primaria.
- Flotación.
- Floculación.
- Coagulación.

En un futuro próximo, las plantas de tratamiento que sólo incluyen tratamiento primario irán quedando desfasadas, conforme se vayan implantando medidas legales. Por lo tanto, el principal papel del tratamiento primario continuará siendo el de previo al tratamiento secundario.

En este caso en particular, uno de los principales objetivos del tratamiento físico-químico como tratamiento primario de las aguas residuales es la reducción del fósforo, lo cual constituye la razón principal para la adopción de este tipo de tratamiento.

El tratamiento físico-químico, se compone básicamente de tres etapas: desestabilización de las partículas coloidales, agregación de las partículas desestabilizadas y separación de los agregados formados del seno del agua. La primera etapa, constituye lo que generalmente se denomina como coagulación, mientras que el término floculación se reserva exclusivamente para la segunda etapa.

El procedimiento más clásico para la desestabilización de las partículas coloidales es el que se basa en la utilización de ciertos reactivos químicos, a los que se denomina coagulantes. Estos pueden realizar la desestabilización a través de diferentes mecanismos:

- Compresión de la doble capa. Aumentando la concentración de contraiones se disminuye la energía potencial de repulsión entre partículas coloides permitiendo que su energía cinética las agregue.
- Neutralización de carga por adsorción. La partícula coloidal adsorbe contraiones en su superficie, llegando a neutralizarse su carga y desestabilizándose. Si se aumenta la dosis de coagulante, el coloide adsorbe un exceso de contraiones que cambia la carga del coloide reestabilizándolo, es decir, se obtiene un nuevo coloide estable de carga opuesta al colide primitivo.
- Inmersión en un precipitado o flóculo de barrido. Algunos coagulantes forman en el agua ciertos productos de baja solubilidad, que precipitan. Parece que las partículas coloidales debido a sus características superficiales, sirven como núcleo de precipitación, quedando inmersas dentro del precipitado.
- Enlace entre partículas por adsorción. Algunos coagulantes son capaces de crear enlaces entre las partículas coloidales al ser adsorbidos por estas radicales o extremos de la estructura coagulante, agregando o uniendo de esta forma a las partículas coloidales. En este caso puede existir reestabilización coloidal por sobredosificación o sobreagitación.

Un coagulante puede producir la desestabilización por uno solo o por varios mecanismos. Un factor a considerar desde el punto de vista práctico, es la velocidad o tiempo que tarda en realizarse la desestabilización coloidal. Este tiempo es muy pequeño, por lo que lo más importante será el producir una buena mezcla agua-coagulante.

Como se ha indicado anteriormente, la razón principal para llevar a cabo este tratamiento es la eliminación del fósforo, por lo cual el coagulante seleccionado por una parte tiene que producir la desestabilización de las partículas coloidales y por otra parte tiene que favorecer esta eliminación.

Una vez que las partículas coloidales han sido desestabilizadas, ya pueden unirse o agregarse al entrar en contacto. Por lo tanto la floculación o agregación de las partículas coloidales desestabilizadas viene regida por la velocidad a la que contactan o colisionan dichas partículas. Existen diversos mecanismos por los que las partículas entran en contacto:

- Por el propio movimiento térmico de las partículas.
- Por el movimiento real de sedimentación de las partículas, lo cual ocurre en la decantación primaria.
- Por el movimiento del fluido que contiene a las partículas, que induce un movimiento en estas.

En este caso, para favorecer la floculación y la sedimentación se ha considerado oportuno utilizar un agitador y un floculante.

La última etapa del tratamiento físico - químico consiste en la separación de los agregados formados del seno del agua, esta etapa se denomina decantación primaria. El objetivo principal de la decantación primaria es la reducción de los sólidos en suspensión de las aguas residuales bajo la exclusiva acción de la gravedad. Es una de las operaciones unitarias más utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales. Los términos sedimentación y decantación se utilizan indistintamente.

En consecuencia, sólo se pretende la eliminación de los sólidos sedimentables y materias flotables, sin embargo al haber aplicado un tratamiento físico-químico, como es la coagulación-floculación, la eficacia de este proceso aumentará.

En función de la concentración y de la tendencia a la interacción de las partículas, se pueden producir cuatro tipos de sedimentación:

- Sedimentación de partículas discretas.
Se refiere a la sedimentación de partículas en una suspensión con baja concentración de sólidos. Las partículas sedimentan como entidades individuales y no existe interacción sustancial con las partículas vecinas.
- Sedimentación floculenta.
Se refiere a una suspensión bastante diluida de partículas que se agregan, o floculan, durante el proceso de sedimentación. Al unirse, las partículas aumentan de masa y sedimentan a mayor velocidad.

- Sedimentación retardada.

Se refiere a suspensiones de concentración intermedia, en las que las fuerzas entre partículas son suficientes para entorpecer la sedimentación de las partículas vecinas. Las partículas tienden a permanecer en posiciones relativas fijas y la masa de partículas sedimenta como una unidad. Se desarrolla una interfase sólido-líquido en la parte superior de la masa que sedimenta.

- Sedimentación por compresión.

Se refiere a la sedimentación en la que las partículas están concentradas de tal manera que se forma una estructura, y la sedimentación sólo puede tener lugar como consecuencia de la compresión de esta estructura. La compresión se produce por el peso de las partículas, que se van añadiendo constantemente a la estructura por sedimentación desde el líquido sobrenadante.

Es frecuente que durante el proceso de sedimentación, ésta se produzca por diferentes mecanismos en cada fase, y también es posible que los cuatro mecanismos de sedimentación se lleven a cabo simultáneamente. Además se puede comprender que es muy difícil determinar, teórica o empíricamente, una fórmula, que sea aplicable al proceso real de decantación en las aguas residuales, debido a la gran variedad de condiciones que se registran durante el proceso de sedimentación.

Entre estas condiciones figuran como determinantes:

- Tamaño de las partículas.

Cuanto mayor es éste, mayor es la velocidad de sedimentación.

- Peso específico de las partículas.

- Concentración de sólidos en suspensión.

Cuanto mayor es la concentración, más eficaz es la eliminación de sólidos en suspensión.

- Temperatura.

A mayor temperatura menor es la densidad del líquido y más rápida, por lo tanto, la sedimentación; es decir, mayor rendimiento a igualdad de tiempo de retención.

- Tiempo de retención.

Cuanto mayor es este período, mayor es la eficiencia conseguida en la decantación.

- Velocidad ascensional.

La eficiencia de la decantación disminuye al aumentar la velocidad ascensional.

- Velocidad de flujo.

Un valor superior a la velocidad crítica puede volver a poner en suspensión los fangos sedimentados.

- Acción del viento sobre la superficie del líquido.
- Fuerzas biológicas y eléctricas.
- Corto-circuitos hidráulicos.

Esta operación se emplea para la eliminación de arenas, de la materia en suspensión en flóculo biológico en los decantadores secundarios en los procesos de fango activado, tanques de decantación primaria, de los flóculos químicos cuando se emplea la coagulación química, y para la concentración de sólidos en los espesadores de fango. En la mayoría de los casos, el objetivo principal es la obtención de un efluente clarificado, pero también es necesario producir un fango cuya concentración de sólidos permita su fácil tratamiento y manejo. En los tanques de sedimentación, es preciso prestar atención tanto a la obtención de un efluente clarificado como a la producción de un fango concentrado.

Existen múltiples tipos de decantadores reales, sin embargo, en cuanto a la forma en planta del decantador existen dos tipos básicos: decantador circular y decantador rectangular. En este caso se ha seleccionado un decantador circular, con la entrada del agua en el centro del decantador y su recogida en toda la periferia del mismo.

Los principales inconvenientes del tratamiento físico - químico son el costo de los reactivos químicos, la mayor producción de fangos.

9.3.Tratamiento secundario.

El fundamento de los procesos biológicos de depuración de aguas consiste en la eliminación de la contaminación del agua mediante una biocenosis ubicada en un lugar adecuado mediante el control del ambiente. La biocenosis o comunidad de organismos vivos generalmente está constituida por microorganismos. La contaminación del agua constituye el sustrato o nutrientes de dicha biocenosis, la cual se mantendrá controlada en un cierto lugar al que denominaremos reactor biológico. En dicho reactor se deben mantener las condiciones ambientales para permitir el desarrollo óptimo de la biocenosis. Como consecuencia del consumo de sustrato y de nutrientes la biomasa del reactor aumentará lo cual exige la extracción del crecimiento de biomasa (fangos) para dejar al agua sin ésta.

Existen múltiples clasificaciones de los procesos biológicos basándose en distintos aspectos. La primera clasificación a tratar se realizará en función del elemento a eliminar o transformar.

Tabla 3. Clasificación de los procesos biológicos según el elemento a eliminar o transformar.

Según elemento a eliminar o transformar	Eliminación de Materia Orgánica Carbonosa
	Nitrificación
	Desnitrificación
	Eliminación de Fósforo

Teniendo en cuenta la caracterización del influente, será necesario eliminar o transformar la materia orgánica carbonosa y el nitrógeno. Puesto que el fósforo será eliminado durante el tratamiento primario.

Para eliminar la materia orgánica carbonosa se llevarán a cabo reacciones de oxidación biológica, explicadas a continuación.

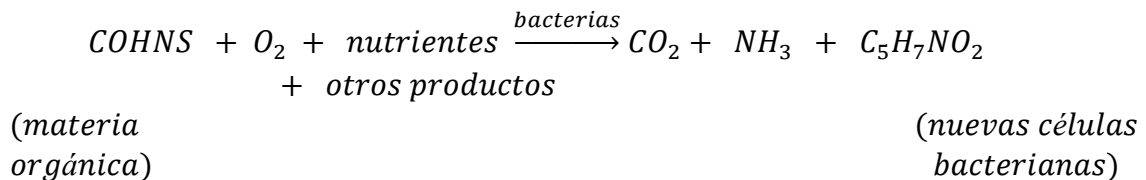
Reacciones de oxidación biológica

En el reactor, tienen lugar las reacciones de oxidación biológica, dándose dos tipos diferentes: de síntesis y de respiración endógena.

- Reacciones de síntesis.

Estas reacciones consisten en la incorporación de elementos nutritivos (materia orgánica), al protoplasma de los microorganismos, produciéndose nuevas moléculas organizadas. Este proceso de asimilación es complejo y difícil. Ciertas partículas en disolución pueden difundirse directamente a través de las membranas celulares de los microorganismos, pero la mayoría más complejas, deben sufrir un tratamiento previo de hidrólisis, mediante enzimas extracelulares, cuya actividad se ve profundamente afectada por el pH, la temperatura y la concentración del sustrato.

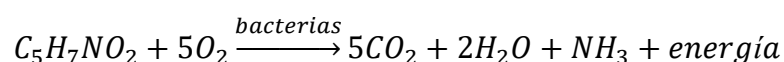
En estas reacciones se utilizan una parte de los compuestos orgánicos como fuente de energía necesaria para su realización, transformándose en productos inorgánicos finales como H₂O, CO₂, nitratos, sulfatos, etc. Otra parte se asimila para formar nuevo protoplasma, es decir para que crezca la masa de microorganismos. La reacción global es la siguiente:



- Reacciones de respiración endógena

Estas reacciones consisten en la autooxidación del protoplasma celular y aparecen cuando comienza a faltar la materia usada como alimento por los microorganismos. En su desarrollo se liberan los nutrientes usados previamente en la síntesis de nuevas células.

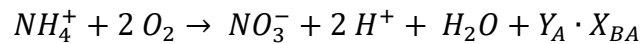
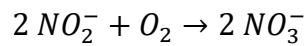
En las fases sucesivas de respiración endógena, una fracción del protoplasma es transformada en H₂O y CO₂, de tal forma que la masa de microorganismos disminuye y tiende hacia cero. La reacción global es la siguiente:



En este caso, como se ha comentado anteriormente, se requiere que la concentración de nitrógeno disminuya. Para conseguir la eliminación de nitrógeno se necesita la generación en el biológico de microorganismos específicos dando lugar a los procesos de nitrificación y desnitrificación, desarrollados a continuación.

Proceso de nitrificación

La nitrificación es el proceso biológico aerobio por el cual el nitrógeno amoniacal es transformado en nitratos a través de dos etapas mediatizadas por diferentes microorganismos nitrificantes (X_{BA}).



Estas reacciones tienen lugar por medio de bacterias autótrofas muy especializadas, diferentes a las responsables de la degradación de la materia orgánica carbonada (bacterias heterótrofas).

Las bacterias encargadas de la oxidación de amoníaco a nitritos, tienen una tasa de crecimiento mucho menor que las bacterias heterótrofas, y por tanto necesitan un mayor tiempo de retención celular o edad del fango para su desarrollo.

La aparición del proceso de nitrificación en el seno de los tratamientos biológicos aerobios, necesita de los siguientes factores:

- Edad del fango elevada.
Existe una edad mínima para obtener una nitrificación estable, que está en función de la temperatura existente en el reactor biológico. La edad disminuye cuando la temperatura se incrementa.
- Aportación de oxígeno suplementaria.
El desarrollo del proceso de nitrificación exige una aportación suplementaria de oxígeno. Es necesario un nivel de oxígeno disuelto alto en el reactor biológico, deficiencias en la aportación de oxígeno, producen un proceso de nitrificación inestable.
- pH.
El pH influye sobre el crecimiento de las bacterias autótrofas, situándose el óptimo entre 7,2 - 8,5.

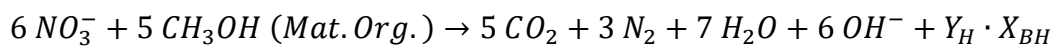
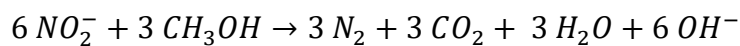
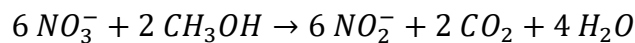
Proceso de desnitrificación

Un efluente nitrificado es preferible a uno conteniendo una elevada concentración de nitrógeno amoniacal. Sin embargo tanto el amonio como los nitratos pueden ser fuentes de nitrógeno para el crecimiento de algas, por lo que un efluente nitrificado puede ser todavía desfavorable, por lo que se requiere llevar a cabo una desnitrificación.

La desnitrificación es el proceso por el cual el nitrógeno de nitratos es convertido en nitrógeno gas (liberado al aire) mediante microorganismos facultativos heterótrofos bajo condiciones anóxicas (sin oxígeno).

Como tales heterótrofos la fuente de energía y de carbono celular es materia orgánica y el aceptor de electrones son los nitratos. De este modo se produce la eliminación de materia orgánica empleando los nitratos en lugar de oxígeno.

Este proceso también implica varias reacciones en serie tales como:



La aparición del proceso de desnitrificación en el seno de los tratamientos biológicos anóxicos, necesita de los siguientes factores:

- Existencia en el sustrato de una fuente de carbono orgánico suficiente.
- Aportación de oxígeno suplementaria.
El desarrollo del proceso de desnitrificación exige unos valores por debajo de $0,2 \text{ mg/l de } \text{O}_2$.
- pH.
El pH se debe situar entre 7 - 8.
- Tiempo de retención suficiente
Se estima superior a 1,5 horas a caudal medio.

Otra de las múltiples clasificaciones existente de los procesos biológicos se basa en la potencia de oxidación y reducción del medio.

Tabla 4. Clasificación de los procesos biológicos según la potencia de oxidación - reducción del medio.

Según potencia de oxidación - reducción del medio	Aerobio
	Anóxico
	Anaerobio

Las reacciones químicas necesarias para obtener un efluente que cumpla los límites de vertido pueden requerir o no de oxígeno.

Las reacciones de oxidación biológica y el proceso de nitrificación necesitan aporte de oxígeno, por lo cual será necesario un reactor aerobio. Sin embargo en el proceso de desnitrificación será necesario un reactor anóxico.

Otra de las múltiples clasificaciones existentes de los procesos biológicos, la última que será tratada en este caso depende del tipo de tratamiento secundario que se utilizará. Existen numerosas clasificaciones diferentes dependiendo del tipo de tratamiento secundario, la siguiente clasificación es la que se desarrolla en el Cedex.

Tabla 5. Clasificación de los procesos biológicos según el tipo de tratamiento secundario seleccionado.

Según el tipo de tratamiento secundario seleccionado	Fangos Activados
	Procesos de Película Fija
	Procesos Extensivos
	Procesos Anaerobios

Los Procesos Extensivos consisten en la retención de las aguas residuales, durante un periodo de tiempo, en grandes embalses o lagunas, en los que los microorganismos realizan su tratamiento. Tanto la concentración de microorganismos, como su velocidad de crecimiento son inferiores a las de cualquier otro tipo de tratamiento secundario seleccionado. Estos procesos biológicos son más económicos y requieren menor grado de control que cualquier otro proceso; sin embargo, la calidad del efluente obtenido es considerablemente inferior. Por tanto, para este caso en particular, este tipo de tratamiento secundario no será adecuado por dos motivos principales, por una parte el elevado caudal de agua a tratar haría necesario mucho espacio, y por otra parte no sería posible reducir la elevada carga contaminante a los límites de vertido estipulados por la ley.

Los Procesos de Película Fija son los procesos de tratamiento biológicos en los que los microorganismos responsables de la conversión de la materia orgánica u otros constituyentes del agua residual en gases y tejido celular están fijos a un medio inerte, tal como piedras, escorias, o materiales cerámicos y plásticos especialmente diseñados para cumplir con esa función.

El Proceso de Fangos Activos en condiciones idóneas, el proceso es seguro, flexible y capaz de adaptarse a casi todos los tipos de aguas residuales que necesitan tratamiento biológico. Además, obtiene rendimientos de depuración superiores al 90%. El principal problema es su alto coste de explotación, debido fundamentalmente a los altos consumos energéticos empleados en la producción de aire. Su nombre proviene de la utilización como elementos básico del proceso una masa activada de microorganismos capaz de eliminar una parte importante de la contaminación del agua residual.

El Proceso de básico de Fangos Activos consiste en dos operaciones diferenciadas: la oxidación biológica y la separación sólido-líquido. La primera tiene lugar en el reactor biológico, donde se provoca el desarrollo de un cultivo biológico formado por un gran número de microorganismos agrupados en flóculos (fangos activos). La población bacteriana se mantiene en determinado nivel, para llegar a un equilibrio entre la carga orgánica a eliminar y la cantidad de microorganismos existentes en el reactor.

A continuación se puede observar una comparativa de un Proceso de Fangos Activos con un Proceso de Película Fija.

Tabla 6. Comparación de un Proceso de Fangos Activos con un Proceso de Película Fija.

	Proceso de Fangos Activos	Proceso de Película Fija
Grado de control del proceso	Alto	Bajo
Tamaño del reactor	Volumen elevado	No necesita un volumen grande
Comunidad microbiológica en flóculos	Homogénea	Heterogénea
Sensibilidad a las oscilaciones de caudal y carga contaminantes	Alta	Baja
DBO₅ / DQO mínima precisa	0.5-0.65	0.4-0.2
Control de masa microbiana	Purga del exceso	Anaerobiosis en las capas profundas, desprendiendo así las superficiales
Recuperación de microorganismos	Rápida (horas)	Lenta (quince días)
Afección de las bajas temperaturas	Alta	Baja
Generación de olores	Baja	Alta

La opción finalmente seleccionada es un Proceso de Fangos Activos, puesto que según diferentes fuentes bibliográficas este tipo de Procesos funcionan mejor que los Procesos de Película Fija para caudales elevados con altas cargas contaminantes, ya que permiten mejor el desarrollo de las bacterias en un tiempo más corto.

Además, en las industrias agroalimentarias el tratamiento utilizado más común es un Proceso de Fangos Activos, puesto que los microorganismos actúan adecuadamente debido a que las aguas residuales procedentes de este tipo de industrias contiene nutrientes en cantidades adecuadas para el correcto desarrollo de este tipo de Procesos.

Por último se debe tener en cuenta, que debido a la necesidad de eliminar nitrógeno se ha decidido modificar el Proceso de Fangos Activos, de la siguiente manera:

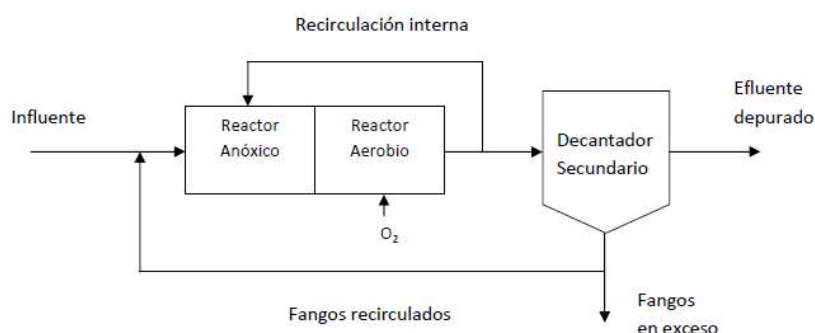


Figura 3 - Proceso de Fangos Activos Modificado

El proceso se inicia con un reactor anóxico donde se desarrollará un proceso de desnitrificación. Posteriormente, el proceso necesita para su desarrollo un sistema de aireación y agitación en el segundo reactor (reactor aerobio), que produzca el oxígeno necesario para llevar a cabo las reacciones de oxidación biológica y el proceso de nitrificación, y además evite la sedimentación de los flóculos y permita la homogeneización de los fangos activados.

El fango activado debe tener una amplia superficie específica para que posibilite las reacciones de oxidación biológica entre los microorganismos y el sustrato, y a la vez tener una buena sedimentabilidad, propiedades que son opuestas y obligan a buscar un compromiso que presenta dificultades.

Una vez que la materia orgánica ha sido suficientemente reducida, lo que requiere un tiempo de contacto suficiente, el licor mezcla se envía a la segunda operación, denominada clarificación o decantación secundaria, en la que se separan el agua depurada y los fangos activados floculados. Estos últimos se recirculan al reactor biológico, para mantener en el mismo una concentración suficiente de bacterias.

El excedente (fangos en exceso) se extrae del sistema y se evacua hacia el tratamiento de fangos.

9.4. Diagrama de la solución adoptada.



10 Resultados finales.

10.1. Adecuación del terreno.

10.1.1. Desbroce y limpieza del terreno.

El desbroce y limpieza comprende los trabajos requeridos para la retirada de árboles, plantas, tocones, maleza, broza, basuras o cualquier otro materia que pueda suponer un impedimento en las zonas previstas para la construcción.

Se ha considerado necesario el desbroce y limpieza de una zona de 128 metros de longitud por 89 metros de anchura, para aparte de desbrozar y limpiar las zonas previstas para la construcción, hacerlo en zonas colindantes facilitando así los trabajos de construcción.

10.2. Canales de distribución del agua.

10.2.1. Canal principal.

El canal principal es el canal encargado de guiar el agua desde el tanque de regulación a través de la planta de tratamiento. Este canal se dimensiona en función del caudal medio.

El canal será de sección rectangular, con una anchura de $0,3\text{ m}$, una altura de $0,3\text{ m}$ y una pendiente de $0,5\%$, construido en hormigón.

10.2.2. Canal de recepción.

El canal de recepción es el canal encargado de guiar el agua hasta el tanque de regulación. Este canal se dimensiona en función del caudal máximo de entrada, puesto que el caudal varía según la jornada laboral.

El canal será de sección rectangular, con una anchura de $0,3\text{ m}$, una altura de $0,373\text{ m}$ y una pendiente de $0,5\%$, construido en hormigón.

10.3. Pretratamiento.

10.3.1. Desbaste.

La primera operación unitaria que tiene lugar en la planta de tratamiento, es la operación de desbaste.

El desbaste consistirá en un conjunto de barras metálicas, paralelas, de sección rectangular y con una separación entre ellas de 12 mm. Estas barras metálicas, fabricadas en acero inoxidable AISI 304 L, serán ubicadas transversalmente al flujo en el canal de recepción, de manera que el agua residual pase a través de ellas. Las barras metálicas se colocan en un marco, fabricado también en acero inoxidable AISI 304 L, el cual tiene una anchura de 550 mm.

La limpieza del sistema de desbaste será mecánica. El mecanismo de limpieza consiste en un peine móvil que barre la reja. Este dispositivo de limpieza estará automatizado con un sistema combinado de temporización y pérdida de carga.

Esta operación será desarrollada dentro de una caseta prefabricada, de hormigón armado, de 25,75 m² de superficie, y 4 m de altura. Además en la caseta, se encontrará el cuadro general de la Planta de Tratamiento.

10.3.2. Tanque de homogeneización.

La instalación del tanque de homogeneización se debe a que el caudal de entrada varía a lo largo de la jornada laboral del matadero. Ya que, los mataderos objeto del presente proyecto no trabajan constantemente, sin embargo, la planta de tratamiento debe funcionar en continuo para evitar posibles problemas de explotación.

La función principal de dicho tanque es regular el caudal de entrada a la planta de tratamiento, consiguiendo un caudal constante. Además, se consigue asimismo un efecto laminador sobre las variaciones de carga.

El tanque debe poseer una capacidad mínima de 8916,18 m³. Para ello se utiliza un depósito rectangular prefabricado de hormigón armado tipo HA-40/P/20IIa de 5 metros de altura y unas dimensiones interiores de 76 metros de longitud por 64 metros de anchura, dividido en tres cámaras; dos cámaras iguales y otra cámara de 76 metros de longitud y 26 metros de anchura, siendo esta última cámara utilizada como tanque de homogeneización. Por tanto, volumen final del tanque de homogeneización será de 9880,00 m³, aproximadamente un 10% superior a la capacidad mínima necesaria. Así que, la altura del agua dentro del tanque será de 4,50 metros.

Todas las paredes y la solera del tanque tendrán un espesor de 0,20 metros de hormigón armado tipo HA-25/B/20IIa.

La instalación del tanque requiere de una excavación de 76,6 metros de longitud, 64,60 metros de anchura y 3,70 metros de altura. De esta forma, el depósito tendrá una altura de 1,5 metros sobre el nivel del suelo, facilitando así visualización del tanque y minimizando posibles riesgos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo.

El tanque de homogeneización debe estar provisto, tanto de aireación suficiente para evitar los problemas de olores, como de agitación suficiente para prevenir la sedimentación de sólidos y las variaciones de concentración.

La necesidad de aireación es de $9 \text{ L/m}^3 \cdot \text{min}$ según datos bibliográficos. Esta aireación se conseguirá gracias a 1044 difusores de banda ancha y burbuja gruesa. El aire comprimido utilizado por los difusores será introducido por cinco émbolos rotativos.

Además, la capacidad mínima de agitación de un tanque para que se considere agitado, es de $18 \text{ m}^3/\text{min}$ de aire por cada 1000 m^3 de agua, por lo cual, serán necesarios como mínimo $9629,5 \text{ m}^3 \text{ aire/h}$ en el tanque.

Teniendo en cuenta que cada difusor tiene un caudal de aire de $50 \text{ m}^3/\text{min}$ y que hay 1044 difusores, habrá un caudal total de aire de $52200 \text{ m}^3/\text{h}$, esto hace que no sea necesario instalar un agitador.

Por otra parte, el agua residual llega por gravedad a la planta de tratamiento. Para aportar la altura geométrica suficiente para que el agua residual continúe discurriendo por gravedad por el resto de la planta de tratamiento, se ha dispuesto de un sistema de bombeo en el tanque de homogeneización. Los principales motivos por los cuales se ha optado por ubicar el sistema de bombeo en el tanque de homogeneización son los siguientes:

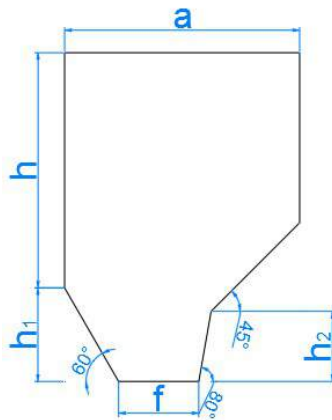
- Distribuir el agua residual por el resto de la planta a un caudal medio.
- Proteger en la medida de lo posible el sistema de bombeo, puesto que se sitúa detrás del desbaste con el fin de proteger las bombas de posibles abrasiones o averías producidas por los sólidos de grandes dimensiones.

El sistema de bombeo constará de dos bombas sumergidas. El caudal unitario de las bombas será de $193,83 \text{ m}^3/\text{h}$, en condiciones normales de funcionamiento únicamente funcionará una de ellas. Estas bombas impulsarán el agua a una altura de $5,84 \text{ metros}$.

10.3.3. Desarenador - Desengrasador.

El desarenador - desengrasador se construirá en hormigón armado de tipo HA-40/P/20/IIA.

La sección transversal tendrá las siguientes dimensiones:



$$h = 0,88 \text{ m}$$

$$a = 0,88 \text{ m}$$

$$h_1 = 0,35 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,26 \text{ m}$$

$$f = 0,3$$

Figura 4 - Sección transversal desarenador - desengrasador

La instalación del desarenador - desengrasado consistirá en una excavación de 15,84 metros de longitud, 0,98 metros de anchura y 0,53 metros de altura. Aunque, la altura total del proceso es de 1,23 metros se ha considerado que la altura sobre el nivel del suelo sea de 0,72, de manera que se facilite la visualización del proceso y se minimicen los posibles riesgos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo.

Todas las paredes y la solera del tanque tendrán un espesor de 0,05 metros de hormigón armado tipo HA-40/P/20/IIa. Además, todos los ángulos serán construidos con este mismo tipo de hormigón armado en obra civil.

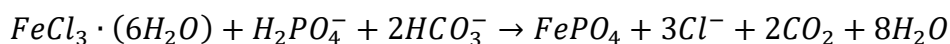
El desarenador y desengrasador está provisto de:

- Un puente móvil longitudinal construido en acero carbono S275 JR, acero inoxidable AISI-304 y aluminio anodizado. La longitud de la pasarela será de 880 mm, la altura total del recinto de 2,83 m y el ancho de la pasarela de 860 mm.
- Una bomba de succión de arenas y agua, instalada en el puente móvil, con un caudal de purga de $Q = 10 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Una aireación suficiente para poder desemulsionar las grasas y conseguir una mejor flotación de estas. Como sistema de aireación se han seleccionado 17 difusores de banda ancha y burbuja gruesa. El aire comprimido será introducido en los difusores mediante un émbolo rotativo.

10.4. Tratamiento primario.

10.4.1. Tanque de coagulación.

En este caso la razón principal para llevar a cabo este tratamiento es la eliminación de fósforo, por lo cual, el coagulante seleccionado, por una parte tiene que producir la desestabilización de las partículas coloidales y por otra parte tiene que favorecer esta eliminación. Teniendo en cuenta las dos premisas marcadas, ha sido seleccionado como coagulante, cloruro férrico, puesto que reacciona con el fósforo de la siguiente manera:



De esta ecuación se deduce gracias a la estequiometría que se necesitan 5,20 gramos de cloruro férrico por gramo de fósforo eliminado. A partir de estos datos estequiométricos se calcula la dosificación necesaria de cloruro férrico para alcanzar el valor límite de fósforo en el efluente.

El cloruro férrico debe ser preparado antes de introducirlo en el tanque de coagulación. Por tanto, será necesario instalar un tanque de preparación, con su respectivo agitador. Aunque la planta de tratamiento debe disponer de una autonomía de uso de reactivos de entre 15 y 20 días, en el depósito de preparación se dispondrá de una capacidad de solución que permita 48 horas de trabajo. Teniendo en cuenta toda esta información, se ha seleccionado un tanque de preparación cilíndrico, fabricado íntegramente en acero inoxidable 304, de 2,5 metros diámetro y 3 metros de altura. El equipo seleccionado incluye agitador, bombas dosificadores, válvulas, cuadro eléctrico y demás accesorios.

El factor principal a la hora de dimensionar el tanque de coagulación, es el tiempo que tarda en realizar la desestabilización coloidal. Tras recopilar información bibliográfica se ha marcado un tiempo de retención de tres minutos.

Teniendo en consideración este factor, el tanque de coagulación tendrá una capacidad mínima de $11,71 m^3$.

La solución propuesta es un depósito circular prefabricado de hormigón armado tipo HA-40/P/20/IIa con un diámetro interior de 2,50 metros y 3,00 metros de altura. Por tanto, el volumen final del tanque de coagulación será de $14,73 m^3$, aproximadamente un 20% superior a la capacidad mínima necesaria. Así que, la altura del agua dentro del tanque será de 2,39 metros.

Todas las paredes y la solera del tanque tendrán un espesor de 0,20 metros de hormigón armado tipo HA-25/B/20IIa.

La instalación del tanque consistirá en una excavación de 2,90 metros de diámetro y 1,70 metros de altura. De esta forma, el depósito tendrá una altura de 1,5 metros sobre el nivel del suelo, facilitando así visualización del tanque y minimizando posibles riesgos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo.

El tanque de coagulación debe estar provisto de agitación para asegurar la mezcla total y homogénea del producto en el agua, ya que para que la coagulación sea óptima, es necesario que la desestabilización de las partículas coloidales sea total antes de que comience a formarse el flóculo. Además, es necesario que el coagulante empleado se difunda con la mayor rapidez posible, ya que el tiempo de coagulación es muy corto, por tanto, la agitación debe ser rápida.

El sistema de agitación seleccionado es de tipo turbina, fabricado en acero inoxidable AISI-314, y con un diámetro de 0,825 metros. La velocidad de agitación proporcionada será de 200 rpm.

10.4.2. Tanque de floculación.

Una vez que las partículas coloidales han sido desestabilizadas, ya pueden agregarse al entrar en contacto. Para favorecer la floculación y la sedimentación se ha considerado oportuno utilizar un floculante. El reactivo utilizado será un polielectrolito, es decir, un polímero orgánico de alto peso molecular y largas cadenas. Por lo cual al igual que en la coagulación, será necesario utilizar un tanque de preparación del floculante.

Al igual que el cloruro férrico, el polielectrolito debe ser preparado antes de introducirlo en el tanque de floculación. Por tanto, será necesario instalar un tanque de preparación, con su respectivo agitador. Aunque la planta de tratamiento debe disponer de una autonomía de uso de reactivos de entre 15 y 20 días, en el depósito de preparación se dispondrá de una capacidad de solución que permita 48 horas de trabajo. Teniendo en cuenta toda esta información, se ha seleccionado un tanque de preparación cilíndrico, fabricado íntegramente en acero inoxidable 304, de 1725 milímetros diámetro y 2225 milímetros de altura. El equipo seleccionado incluye agitador, bombas dosificadores, válvulas, cuadro eléctrico y demás accesorios.

Un factor importante a la hora de dimensionar el tanque de floculación, es el tiempo que tarda en realizarse la agregación de las partículas desestabilizadas, este tiempo es muy superior al tiempo de desestabilización. A partir de distinta información bibliográfica consultada se ha considerado marcar un tiempo de retención de treinta minutos.

Teniendo en consideración este factor, el tanque de floculación tendrá una capacidad mínima de $117,0 \text{ m}^3$.

La solución adoptada consiste un depósito circular prefabricado de hormigón armado tipo HA-40/P/20/IIa con un diámetro interior de 5,31 metros y 5,81 metros de altura. Por tanto, el volumen final del tanque de floculación será de $128,7 \text{ m}^3$, aproximadamente un 10% superior a la capacidad mínima necesaria. Así que, la altura del agua dentro del tanque será de 5,28 metros.

Todas las paredes y la solera del tanque tendrán un espesor de 0,20 metros de hormigón armado tipo HA-25/B/20IIa.

La instalación del tanque requiere una excavación de 5,70 metros de diámetro y 4,51 metros de altura. De esta forma, el depósito tendrá una altura de 1,5 metros sobre el nivel del suelo, facilitando así visualización del tanque y minimizando posibles riesgos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo.

El tanque de floculación debe estar provisto de agitación tanto para asegurar la mezcla total y homogénea del producto en el agua, como para facilitar el contacto y la colisión de las partículas.

La floculación es estimulada por una agitación lenta de la mezcla, puesto que así se favorece la unión entre los flóculos. Un mezclado demasiado intenso podría romper los flóculos ya formados.

El sistema de agitación seleccionado es de tipo turbina, fabricado en acero inoxidable AISI-314, y con un diámetro de 1,75 metros. La velocidad de agitación proporcionada será de 70 rpm.

10.4.3. Decantador primario.

El último paso del tratamiento primario es la separación de los agregados formados en el seno del agua, esto se llevará a cabo en el decantador primario.

El decantador primario poseerá una capacidad mínima de 390 m^3 . Para ello se utiliza un decantador circular prefabricado de hormigón armado tipo HA-40/P/20/IIa con un diámetro interior de 12,90 metros, 4,59 metros de altura central y 2,57 metros de altura lateral. Todas las paredes y la solera del decantador tendrán un espesor de 0,20 metros de hormigón armado tipo HA-25/B/20IIa.

Las características geométricas del decantador primario son definidas con exactitud en los planos.

La entrada del agua en el decantador primario se produce por el centro del mismo, y su recogida en toda la periferia.

La acumulación de fangos en el decantador se realiza de dos formas: por gravedad y mediante equipos mecánicos. La acumulación por gravedad se realiza mediante el fondo inclinado en forma de tolva del decantador. Además, se recurre a equipos mecánicos que acumulan el fango sedimentado, por arrastre, en uno punto fijo de extracción. Esto se materializa gracias a las rasquetas que barren la solera del decantador.

Las rasquetas se instalan en el decantador gracias a un puente móvil radial del que se cuelgan. El puente gira a través de una rueda tractora (accionada por un motorreductor) que rueda por la coronación del muro periférico del decantador. El puente está construido en acero carbono S275 JR, acero inoxidable AISI-304 y aluminio anodizado. La longitud de la pasarela será de 8 m, la altura total del recinto de 6,04 m y el ancho de la pasarela de 900 mm.

Los fangos sedimentados son arrastrados y acumulados en un punto fijo, donde se almacenan hasta su posterior extracción. En este caso el punto de almacenamiento será una poceta, la cual tendrá un volumen de 33,64 m³, ubicada en el centro de la solera del decantador.

La extracción o purga del fango del decantador se realiza automáticamente por una bomba de succión situada en la poceta del decantador. Se extrae el fango periódicamente, cada cierto tiempo. Por tanto, el automatismo consiste en la temporización regulable de los tiempos de funcionamiento y parada del sistema de extracción. El caudal de purga, en este caso en particular, será de 67,275 m³/h.

La instalación del decantador primario requiere de una excavación de 13,30 metros de diámetro, y 4,70 metros de altura. De esta forma, el depósito tendrá una altura de 1,5 metros sobre el nivel del suelo, facilitando así visualización del tanque y minimizando posibles riesgos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo.

10.5. Tratamiento secundario.

10.5.1. Reactor anóxico.

El tratamiento secundario se inicia cuando el influente se dirige al reactor anóxico, el cual consistirá en un tanque rectangular en ausencia de oxígeno donde se desarrollará el proceso de desnitrificación.

El tanque debe poseer una capacidad mínima de $6295,25 \text{ m}^3$. Para ello se utiliza un depósito rectangular prefabricado de hormigón armado tipo HA-40/P/20IIa de 5 metros de altura y unas dimensiones interiores de 76 metros de longitud por 64 metros de anchura, dividido en tres cámaras; dos de estas cámaras son iguales.

Una de esas cámaras iguales será empleada como reactor anóxico. Estas cámaras tendrán una longitud de 38 metros, una anchura de 38 metros y una altura de 5 metros. Por tanto, el volumen final será de 7220 m^3 , aproximadamente un 12% superior a la capacidad mínima. Así que, la altura del agua dentro del tanque será de 4,36 metros.

Todas las paredes y la solera del tanque tendrán un espesor de 0,20 metros de hormigón armado tipo HA-25/B/20IIa.

La instalación del tanque requiere de una excavación de 76,6 metros de longitud, 64,60 metros de anchura y 3,70 metros de altura. De esta forma, el depósito tendrá una altura de 1,5 metros sobre el nivel del suelo, facilitando así visualización del tanque y minimizando posibles riesgos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo.

10.5.2. Reactor aerobio.

Una vez el influente abandona el reactor anóxico se dirige al reactor aerobio, el cual consistirá en un tanque rectangular provisto de aireación y agitación donde se desarrollan las reacciones de oxidación biológica y el proceso de nitrificación.

El tanque debe poseer una capacidad mínima de $6295,25 \text{ m}^3$. Para ello se utiliza un depósito rectangular prefabricado de hormigón armado tipo HA-40/P/20IIa de 5 metros de altura y unas dimensiones interiores de 76 metros de longitud por 64 metros de anchura, dividido en tres cámaras; dos de estas cámaras son iguales.

Una de esas cámaras iguales será empleada como reactor aerobio. Estas cámaras tendrán una longitud de 38 metros, una anchura de 38 metros y una altura de 5 metros. Por tanto, el volumen final será de 7220 m^3 , aproximadamente un 12% superior a la capacidad mínima. Así que, la altura del agua dentro del tanque será de 4,36 metros.

Todas las paredes y la solera del tanque tendrán un espesor de 0,20 metros de hormigón armado tipo HA-25/B/20IIa.

La instalación del tanque requiere de una excavación de 76,6 metros de longitud, 64,60 metros de anchura y 3,70 metros de altura. De esta forma, el depósito tendrá una altura de 1,5 metros sobre el nivel del suelo, facilitando así visualización del tanque y minimizando posibles riesgos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo.

El reactor aerobio debe estar provisto, tanto de aireación suficiente para conseguir que se desarrollen las reacciones de oxidación biológica y el proceso de nitrificación, como de agitación suficiente para prevenir la sedimentación de sólidos y las variaciones de concentración.

La necesidad de aireación es de $1438,4 \text{ kg } O_2/h$ según los cálculos elaborados. Esta aireación se conseguirá gracias a 3054 difusores de banda fina. El aire comprimido utilizado por los difusores será introducido por dos émbolos rotativos.

Además, la capacidad mínima de agitación de un tanque para que se considere agitado, es de $18 \text{ m}^3/min$ de aire por cada 1000 m^3 de agua, por lo cual, serán necesarios como mínimo $6798,9 \text{ m}^3 \text{ aire}/h$ en el tanque.

Teniendo en cuenta que cada difusor tiene un caudal de aire de $6 \text{ m}^3/min$ y que hay 3054 difusores, habrá un caudal total de aire de $18324 \text{ m}^3/h$, esto hace que no sea necesario instalar un agitador.

Además, dentro del reactor habrá una bomba de recirculación interna, esta recirculación interna se emplea porque la recirculación de fangos no aporta la cantidad de nitratos suficientes para conseguir elevada eliminación de los mismos. El caudal unitario de la bomba será de $193,83 \text{ m}^3/h$. Este caudal irá a parar al reactor anóxico.

10.5.3. Decantador secundario.

El último paso del tratamiento secundario es la separación de los agregados formados en el seno del agua, esto se llevará a cabo en el decantador secundario.

El decantador secundario tendrá una capacidad mínima de 585 m^3 . Para ello se utiliza un decantador circular prefabricado de hormigón armado tipo HA-40/P/20/IIa con un diámetro interior de 17,62 metros, 4,92 metros de altura central y 2,41 metros de altura lateral. Todas las paredes y la solera del decantador tendrán un espesor de 0,20 metros de hormigón armado tipo HA-25/B/20IIa.

Las características geométricas del decantador secundario son definidas con exactitud en los planos.

La entrada del agua en el decantador secundario se produce por el centro del mismo, y su recogida en toda la periferia.

La acumulación de fangos en el decantador se realiza de dos formas: por gravedad y mediante equipos mecánicos. La acumulación por gravedad se realiza mediante el fondo inclinado en forma de tolva del decantador. Además, se recurre a equipos mecánicos que acumulan el fango sedimentado, por arrastre, en uno punto fijo de extracción. Esto se materializa gracias a las rasquetas que barren la solera del decantador.

Las rasquetas se instalan en el decantador gracias a un puente móvil radial del cual se cuelgan. El puente gira a través de una rueda tractora (accionada por un motorreductor) que rueda por la coronación del muro periférico del decantador. El puente está construido en acero carbono S275 JR, acero inoxidable AISI-304 y aluminio anodizado. La longitud de la pasarela será de 10,36 m, la altura total del recinto de 6,32 m y el ancho de la pasarela de 900 mm.

Los fangos sedimentados son arrastrados y acumulados en un punto fijo, donde se almacenan hasta su posterior extracción. En este caso el punto de almacenamiento será una poceta, la cual tendrá un volumen de 25,33 m³, ubicada en el centro de la solera del decantador.

La extracción o purga del fango del decantador se realiza automáticamente por una bomba de succión situada en la poceta del decantador. Se extrae el fango periódicamente, cada cierto tiempo. Por tanto, el automatismo consiste en la temporización regulable de los tiempos de funcionamiento y parada del sistema de extracción. El caudal de purga, en este caso en particular, será de 50,65 m³/h. El fango que no es extraído, se recircula para mantener una concentración de microorganismos en el reactor adecuada.

La instalación del decantador secundario requiere de una excavación de 18,02 metros de diámetro, y 3,54 metros de altura. De esta forma, el depósito tendrá una altura de 1,5 metros sobre el nivel del suelo, facilitando así visualización del tanque y minimizando posibles riesgos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo.

11 Planificación.

La planificación, tiene como objetivo determinar los tiempos de realización de las distintas actividades que comprende el proyecto y la coordinación de las mismas, a fin de poder calcular la duración total, para efectuar este procedimiento se deben desglosar adecuadamente las actividades que intervendrán en el proyecto y la secuencia general del trabajo; las actividades se interrelacionan entre sí, dentro de una secuencia lógica.

La planificación propuesta es simplemente orientativa, puesto que la empresa contratista adjudicada desarrollará su propia planificación.

La duración de las actividades que intervienen en el proyecto se ha marcado en días laborales (excluidos sábados, domingos y festivos) suponiendo que se trabaja 8 horas diarias. Para ello se ha tenido en cuenta el Calendario Laboral del 2016.

Tabla 7. Planificación propuesta.

Tarea	Actividad	Duración (días laborales)
Adecuación del terreno	A	5 días
Movimiento de tierras (excavación)	B	45 días
Obra civil de canales	C	20 días
Ejecución de soleras	D	20 días
Instalación estructuras prefabricadas	E	45 días
Instalación de los equipos	F	20 días
Puesta en marcha y pruebas de funcionamiento	G	30 días
Seguridad y salud	H	185 días

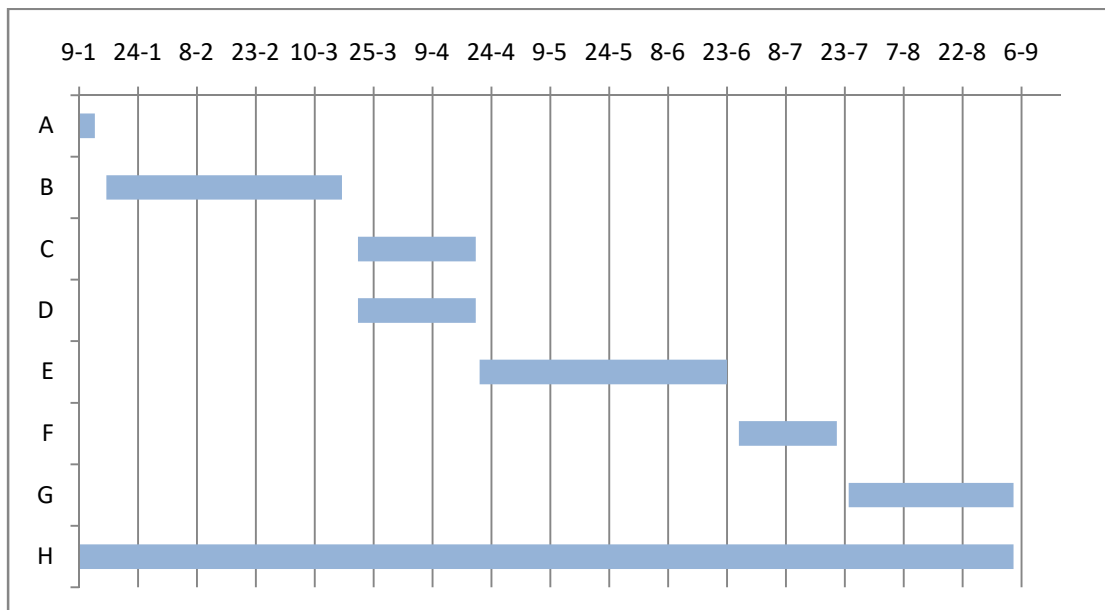


Figura 5 - Planificación propuesta

12 Orden de propiedad entre los documentos básicos.

En el caso en que se presenten discrepancias o incompatibilidades entre diversos documentos básicos del proyecto, se respetará el siguiente orden de prioridades:

1. Planos.
2. Pliego de condiciones.
3. Presupuesto.
4. Memoria.

Tal y como se establece en la norma Española UNE 157001:2002.

ANEXOS

Índice

Anexo I. Proceso productivos.

Anexo II. Caracterización del influente.

Anexo III. Cálculos.

Anexo IV. Caracterización del efluente.

Anexo V. Fichas técnicas.

Anexo VI. Estudio viabilidad económica.

Anexo VII. Gestión de residuos.

Anexo VIII. Estudio de Seguridad y Salud.

Proceso Productivo

Índice

1. Objetivo.....	5
2. Descripción del proceso.	5
2.1. Recepción y estabulación.....	5
2.2. Aturdimiento y colgado.	6
2.3. Desangrado.	6
2.4. Escaldado.	7
2.5. Depilado / Flagelado.	7
2.6. Flameado/Chamuscado.	7
2.7. Lavado.	8
2.8. Evisceración y corte de cabezas y patas.	8
2.9. Esquinado / Corte de la canal.	8
2.10. Lavado.	8
2.11. Oreo refrigerado.	9
2.12. Despiece.	9
2.13. Refrigeración / Congelación de piezas.....	9
3. Diagrama de flujo.....	10
4. Fuentes de contaminación de las aguas residuales.....	11

Tablas

Tabla 1. Principales parámetros y fuentes de contaminación de las aguas residuales de un matadero.	11
---	----

1. Objetivo.

El objetivo principal del presente anexo es describir los procesos desarrollados en el seno de un matadero, para poder entender la elevada generación de aguas residuales, tanto en volúmenes como por su alta carga contaminante asociada.

2. Descripción del proceso.

Un matadero es un establecimiento industrial en la que se sacrifican animales para su posterior procesamiento, almacenamiento y comercialización.

Los productos finales obtenidos en un matadero se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Canales, medias canales y vísceras aptas para el consumo humano.
- Subproductos animales como el cuero, pelo, sangre, tripas y otras fracciones que pueden ser aprovechadas en otras actividades industriales afines (alimentaria, farmacéutica, curtidos, etc.).

En este apartado, se describen las principales etapas operativas llevadas a cabo en los mataderos porcinos, haciendo especial hincapié en la necesidad de la utilización del agua en cada una de las operaciones.

2.1. Recepción y estabulación.

El proceso productivo se inicia con la recepción de los animales vivos, los cuales son descargados de camiones a través de rampas. Por cuestiones higiénicas, los vehículos de entrega de animales deben lavarse después de cada entrega, para ello se dispone de mangueras especiales para este propósito.

La estancia de los animales vivos en el matadero no suele superar las 24 horas. Para ello existen unas instalaciones destinadas para este fin, las cuales deben disponer de abrevaderos o puntos de agua que garanticen la adecuada hidratación de los animales durante el tiempo que permanezca allí.

Antes de proceder al sacrificio, los animales son lavados en los establos, con el objetivo de retirar la suciedad adherida a su piel.

El lavado de los vehículos, del área de estabulación y de los animales vivos requiere la utilización de grandes cantidades de agua para arrancar y arrastrar los restos sólidos. Además, puede introducir tanto material orgánico, como inorgánico (amoníaco, fósforo, sólidos, aceites y grasas, etc.) en las aguas residuales.

2.2. Aturdimiento y colgado.

Los animales son guiados desde los establos hasta la zona de aturdimiento a través de pequeños pasillos, los cuales imposibilitan el desplazamiento libre del animal.

El objetivo del aturdimiento es obtener un estado de inconsciencia e insensibilidad de suficiente duración como para garantizar que el animal no se recupera antes de haberse producido el sacrificio por desangrado. El aturdimiento se puede llevar a cabo bien a través de una descarga eléctrica mediante la aplicación de pinzas en la cabeza del animal con sistema de alto voltaje (300-500 V durante 2-3 segundos) o por inmersión en cámaras de CO₂.

El aturdimiento con CO₂ consiste en exponer al animal a un ambiente con una mezcla del 70-80% de CO₂ y aire, puesto que el CO₂ se distribuye por la sangre, desplazando al oxígeno y provocando hipoxia.

Una vez, el animal esta aturdido se coloca en una mesa para ser colgado, el desangrado posterior deberá llevarse a cabo en un corto periodo de tiempo, ya que el animal no debe recuperar la consciencia.

2.3. Desangrado.

El desangrado se realiza mediante una incisión horizontal a la altura del cuello de tal manera son seccionadas las arterias carótidas y las venas yugulares.

Existen diferentes métodos de desangrado:

- El desangrado vertical es el procedimiento más clásico. La sangre se recoge mientras el animal se va desplazando por la zona de desangrado. Presenta un grave riesgo de que la sangre pueda contaminarse por la caída de heces, orina, suciedad o contenidos gástricos.
- El desangrado horizontal, el animal es colocado en horizontal y perpendicularmente a la línea de transporte, de esta forma la zona donde se le ha realizado el corte queda separada del resto del animal, esto permite que la sangre sea recogida de una forma más higiénica que en el caso anterior.
- Además de los métodos anteriores, puede ser usado un cuchillo succionador. Este utensilio permite bombera la sangre desde el animal a un depósito de recogida acondicionado térmicamente, de esta manera la sangre se recoge sin posibles contaminaciones intermedias.

Esta operación debe efectuarse siempre con los utensilios de trabajo limpios y desinfectados para evitar cualquier tipo de contaminación, además previamente debe limpiarse la zona del animal donde se va a producir el mencionado corte.

Los canales se sangran sobre un recipiente o tanque para recoger la sangre, por dos razones principales. Primera, porque esta puede ser aprovechada como subproducto. Y segunda, porque la sangre tiene la mayor DQO de cualquiera de los líquidos efluentes que aparecen en las operaciones de procesados de carne, por lo cual las fugas de sangre son uno de los posibles accidentes ambientales más dañinos que pueden ocurrir en la industria cárnica, sin embargo debe tenerse en cuenta que un pequeño porcentaje de sangre acabará llegando a la estación depuradora.

2.4. Escaldado.

El objetivo de esta operación es facilitar la retirada de los pelos de la piel. Normalmente la canal del cerdo pasa por un tanque de escaldado rotatorio o estático con agua entre 58°C y 65°C durante 3 - 6 minutos.

Los tanques de escaldado se llenan de agua al inicio de cada jornada. Los restos y el fango se acumulan en los tanques durante la producción, vaciando el agua y el fango directamente al sistema de conducción de agua residual al final del día. Esta práctica puede producir un exceso de carga contaminante en la depuradora en un momento determinado, si la estación depuradora no consta de un tanque de regulación.

2.5. Depilado / Flagelado.

Una vez escaldado el animal, se introduce en una máquina automática de depilado, formada por varios mayales pulidores rotatorios, o un sistema similar, que raspan o cepillan la superficie de la canal arrancando así la mayor parte del pelo por fricción.

Algunas de estas máquinas contienen un pulverizador de agua por encima para retirar el pelo de la parte inferior de la máquina, esto provoca la incorporación de pelos en el agua residual. Además, tanto en esta etapa como en la anterior la sangre sigue goteando del animal, por lo cual ambas etapas provocan un aumento de la carga de DQO de las aguas residuales.

2.6. Flameado/Chamuscado.

Los canales de los cerdos se chamuscan con varios objetivos: eliminar aquellos pelos que no han sido retirados en la operación anterior, dar una textura más firme a la piel y destruir las bacterias presentes en la piel, lo cual favorece la posterior conservación de la canal.

Normalmente, se utilizan túneles con quemadores de propano en su interior, que se ponen en funcionamiento de forma intermitente durante el paso de las canales.

2.7. Lavado.

Un lavado, con agua a cierta presión, completa la limpieza y retirada de cualquier tipo de resto que pueda quedar de las etapas anteriores.

2.8. Evisceración y corte de cabezas y patas.

Esta etapa consiste, por una parte, en la extracción de los órganos respiratorios, pulmonares, digestivos, extrayendo la vejiga y el útero (si es el caso), los intestinos y el mesenterio, el rumen y otras partes del estómago, el hígado y luego, tras cortar por el diafragma, las entrañas, es decir el corazón, los pulmones y la tráquea. Y por otra parte, en el corte tanto de la cabeza como de las patas.

Aunque los procesos de evisceración se llevan a cabo en seco, se utiliza agua para el aclarado, esterilización de los cuchillos, esterilización de otros equipos y limpieza. Las partes retiradas y las canales se aclaran con agua para eliminar la sangre y otras impurezas.

La grasa contenida en las aguas residuales de los mataderos se produce básicamente durante la evisceración y el lavado de intestinos. Además, durante la evisceración la sangre gotea de las canales.

2.9. Esquinado / Corte de la canal.

Tras la evisceración, se procede a dividir los animales en dos canales mediante un corte longitudinal por la columna vertebral con una sierra circular.

2.10. Lavado.

Una vez obtenidas las medias canales, se les aplica un enjuague final con agua potable a cierta presión para así retirar los restos de huesos, sangre, etc., y reducir en la medida de lo posible cualquier contaminación bacteriana.

2.11. Oreo refrigerado.

El oreo consiste en disminuir la temperatura de la canal lo más rápidamente posible, para reducir el crecimiento microbiológico, esta operación que se realiza normalmente en dos fases.

- En la primera fase, las canales se introducen en cámaras de refrigeración a baja temperatura (-3 y 0°C), con el objetivo de reducir rápidamente el calor corporal de las canales por debajo de los 7°C , las cuales se encuentran hasta ese momento a una temperatura aproximada de 40°C . La duración de esta fase puede variar entre una o dos horas.
- En la segunda fase, las canales son almacenadas en cámaras a una temperatura de entre 0 y 4°C , donde pueden llegar a permanecer hasta su posterior comercialización.

En este punto, las canales o medias canales refrigeradas pueden ser congeladas, enviadas directamente para su comercialización, o bien ser destinadas a las salas de despiece.

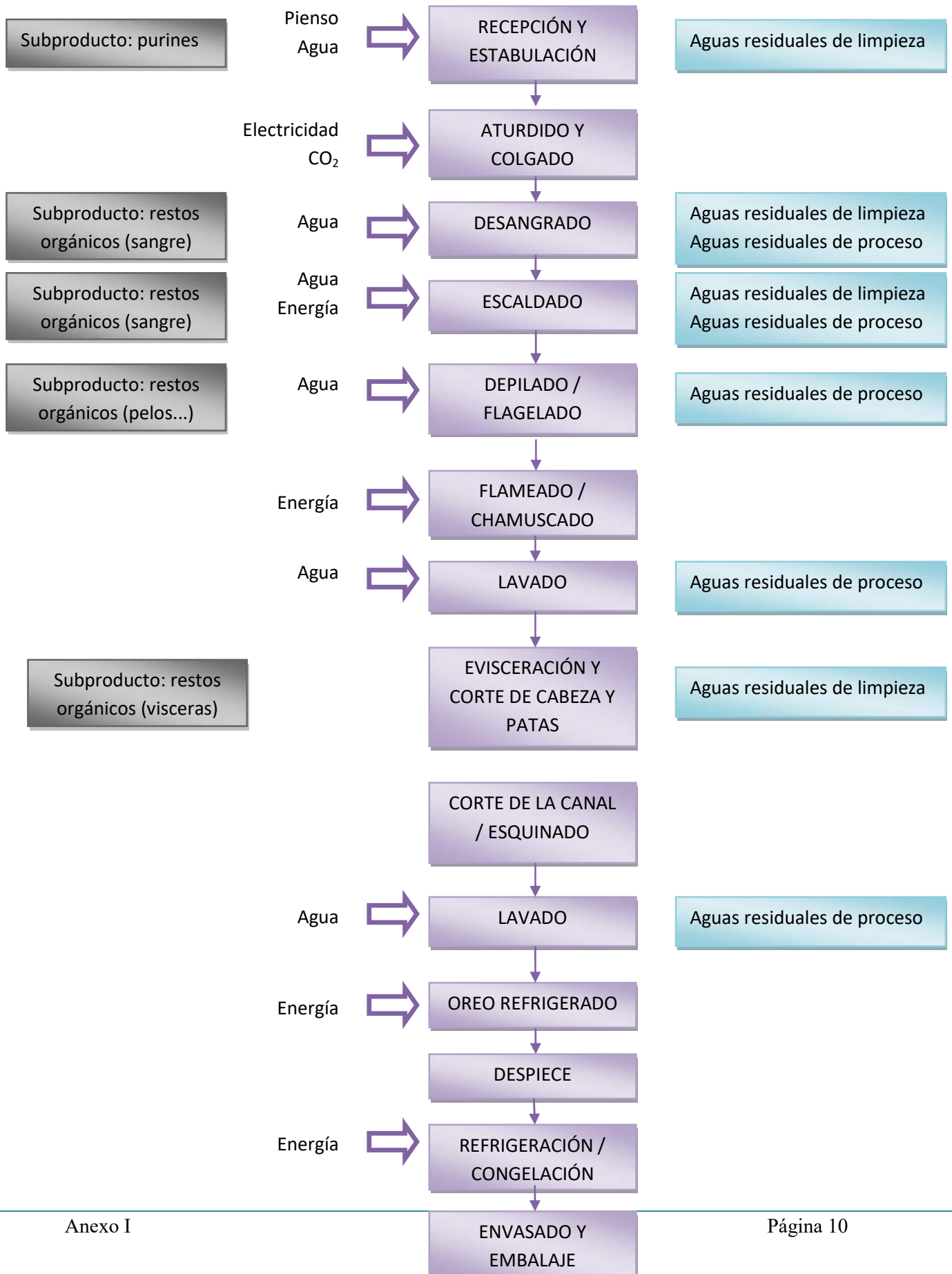
2.12. Despiece.

En las salas de despiece, las medias canales procedentes del matadero son deshuesadas y divididas en partes más pequeñas, según las necesidades de los clientes o del producto cárnico a elaborar posteriormente.

2.13. Refrigeración / Congelación de piezas.

Las piezas pueden ser refrigeradas o congeladas, dependiendo de si su envío al mercado es inmediato o a medio plazo.

3. Diagrama de flujo.



4. Fuentes de contaminación de las aguas residuales.

El aspecto ambiental más significativo de la actividad de mataderos es la generación de aguas residuales, tanto por los elevados volúmenes generados como por la carga contaminante asociada a ellas.

La oportunidad de disminuir la generación de aguas residuales en algunas áreas puede verse limitada por razones de higiene, calidad y exigencias veterinarias.

Los parámetros más significativos que se relacionan con las aguas residuales generadas en los mataderos son los sólidos en suspensión, la carga orgánica expresada como demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda biológica de oxígeno (DBO₅), los aceites y grasas, el nitrógeno y fósforo totales, las sales, así como los detergentes y desinfectantes.

De los parámetros definidos en la caracterización de las aguas residuales de los mataderos, se identifican como principales fuentes de origen las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1: Principales parámetros y fuentes de contaminación de las aguas residuales de un matadero.

Parámetros	Principales fuentes
Materia orgánica (DQO, COT)	Sangre, aguas de escaldado, purín / estiércol, contenidos estomacales, etc.
Sólidos en suspensión	Purín / estiércol, contenidos estomacales, pelos y restos de carne.
Aceites y grasas	Aguas de escaldado y lavado de canales.
Amonio y urea	Purín / estiércol y sangre.
Fosfatos, nitrógeno y sales	Purín / estiércol, contenidos estomacales, sangre, productos detergentes y desinfectantes.
Detergentes y desinfectantes	Productos detergentes y desinfectantes.
Conductividad eléctrica	En los mataderos con tratamiento y preparación de las tripas, podría haber elevada conductividad si se perdieran cantidades importantes de la sal que se usa para salarlas o si se salaran pieles del vacuno sacrificado.

Caracterización del Influente

Índice

1	Introducción.	7
2	Objetivo.....	7
3	Marco teórico.	8
3.1.	Características físicas: definición y utilidad.	9
3.1.1	Sólidos.	9
3.1.2	Olores.	10
3.1.3	Conductividad eléctrica.	11
3.1.4	Temperatura.....	11
3.1.5	Densidad.	12
3.1.6	Color.....	12
3.1.7	Turbiedad.....	12
3.2.	Características químicas: definición y aplicación.....	13
3.2.1	Materia orgánica.....	13
3.2.1.1	Proteínas.....	14
3.2.1.2	Hidratos de carbono.	14
3.2.1.3	Grasas, grasas animales y aceites.	15
3.2.2	Materia inorgánica.....	15
3.2.2.1	pH.....	16
3.2.2.2	Cloruros.	16
3.2.2.3	Alcalinidad.....	17
3.2.2.4	Nitrógeno.	17
3.2.2.5	Fósforo.	18
3.2.2.6	Azufre.	18
3.2.2.7	Compuestos tóxicos inorgánicos.	18
3.2.2.8	Metales pesados.	18
3.2.3	Gases.....	19
3.2.3.1	Oxígeno disuelto.	19
3.2.3.2	Sulfuro de hidrógeno.	19
3.2.3.3	Metano.	19

3.3	Características biológicas: definición y aplicación.....	20
3.3.1	Microorganismos.	20
3.3.1.1	Bacterias.....	21
3.3.1.2	Hongos.	22
3.3.1.3	Protozoos y rotíferos.....	22
3.3.1.4	Algas.	23
3.3.1.5	Plantas y animales.....	24
3.3.1.6	Virus.....	24
4	Resultados finales.....	25

Tablas

Tabla 1. Clasificación de los microorganismos.....	20
Tabla 2. Intervalos de temperatura óptima típicos para las bacterias.....	22
Tabla 3. Caracterización del influente.	25
Tabla 4. Distribución estimada del consumo de agua en un matadero finlandés.....	28

Figuras

Figura 1. Clasificación de los sólidos.....	9
Figura 2. Estructura celular	21

1 Introducción.

Es necesario cuantificar las sustancias que tienen la capacidad de contaminar una masa de agua. Esto tiene como consecuencia, en primer lugar, tener que definir lo que se entiende por contaminación, y en segundo lugar, fijar unos parámetros o variables que permitan cuantificar la contaminación para tratar de eliminarla o mitigarla, hasta tal punto, que esa masa de agua pueda ser utilizada.

Podemos definir la contaminación como la introducción en un medio cualquiera, en este caso el agua, de un contaminante, o combinación de agentes contaminantes, que pueden provocar efectos nocivos para la salud, la seguridad, el bienestar en el ambiente o provocar desequilibrio en el medio, irreversible o no, de manera que se alteren desfavorablemente las condiciones naturales.

Cuando se ha querido reducir el daño que las aguas residuales producen en el medio que las recibe, se ha encontrado, como primera medida a tomar, la de medir de alguna manera, la cantidad de polución que las mismas llevan y así poder valorar la degradación, mayor o menor, que pueda producir. Esto es imprescindible cuando se quiere controlar, tanto legal como técnicamente, la contaminación del agua.

De aquí la necesidad que se tiene de establecer una serie de características, a fin de poder aproximarnos a la realidad, que permitan conocer el estado de alteración de una masa de agua que se pretende estudiar.

2 Objetivo.

El objetivo principal del presente anexo es determinar las características del agua residual procedente de varios mataderos.

3 Marco teórico.

Como ya se ha indicado, el conocimiento de la naturaleza del agua residual es fundamental de cara al tratamiento y evacuación de las aguas residuales, así como para la gestión de la calidad medioambiental. Las aguas residuales generalmente se caracterizan por su composición física, química y biológica.

Los parámetros físicos dan una información muy clara de determinadas características de un agua. Entre los más importantes se encuentran: sólidos en suspensión, color, olor, temperatura, turbidez, etc.

El grupo de los parámetros químicos puede subdividirse en parámetros químicos inorgánicos, parámetros químicos orgánicos y gases. Los parámetros químicos inorgánicos, abarcan todos los cationes, aniones, metales traza, determinados índices de contaminación, etc. Los parámetros químicos orgánicos son el grupo más amplio y complejo, abarcando por un lado algunos indicadores de contenido orgánicos en general, como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), carbono orgánico total (COT), o bien otros como aceites, grasas, etc. Y por último, se estudian los gases que con mayor frecuencia se encuentran en las aguas residuales.

Los parámetros biológicos abarcan dos amplios campos muy diferenciados: los bacterianos y los de los demás organismos, vegetales o animales, susceptibles de estar presentes en las aguas.

Los parámetros, a su vez, se pueden dividir, en específicos, sustitutos e indicadores. Los parámetros específicos son, por ejemplo, el análisis de los componentes mayoritarios, aniones, cationes, metales traza, etc. Estos análisis específicos se utilizan bastante y deben preferirse a los otros, siempre que sea posible.

Cuando la determinación del parámetro específico es complicado o imposible, se puede utilizar, o un parámetro sustituto o un parámetro indicador. Entre los primeros se encuentran parámetros tan usados como la demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, etc. y entre los indicadores, por ejemplo, el índice de coliformes.

3.1. Características físicas: definición y utilidad.

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la conductividad eléctrica, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad.

3.1.1 Sólidos.

Las aguas residuales industriales, en función de su origen, pueden llegar a contener concentraciones importantes de sólidos en forma de sólidos en flotación, sólidos en suspensión o sólidos disueltos. Estos sólidos pueden ser de carácter orgánico o inorgánico, también en función de su origen.

Se pueden clasificar como se observa en el siguiente esquema.

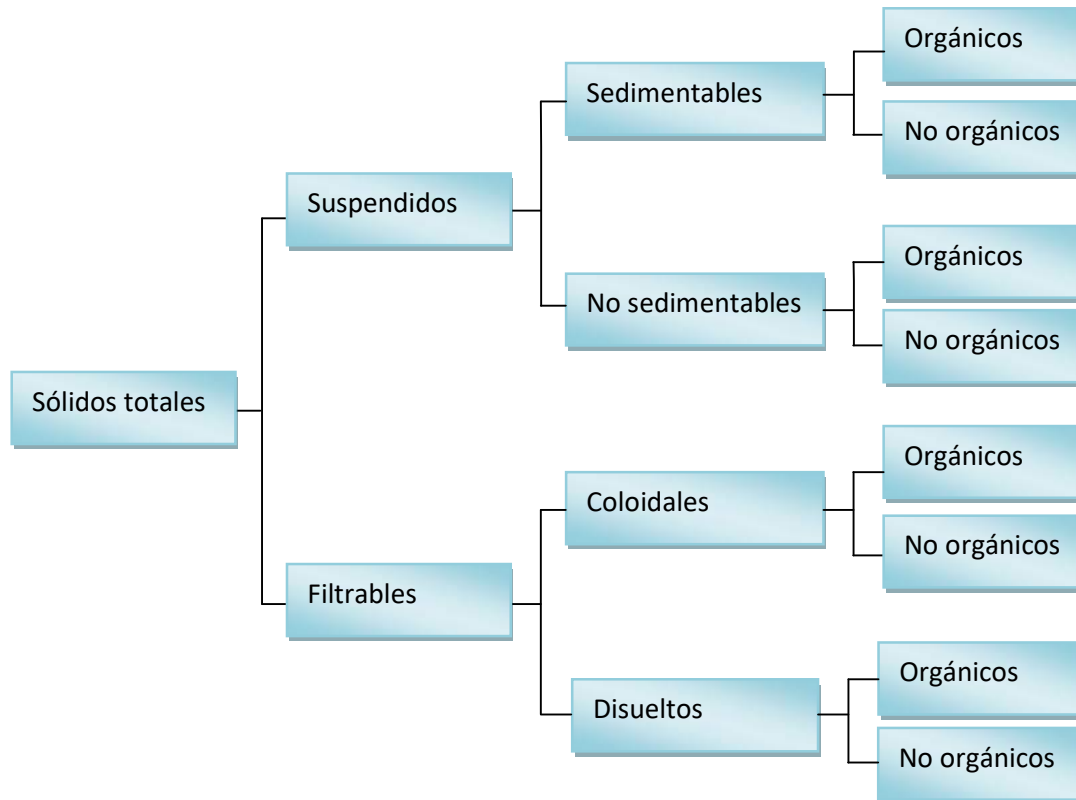


Figura 1 - Clasificación de los sólidos.

Los sólidos en suspensión son de tamaño variable, y pueden presentarse como partículas flotantes en la interfase agua-aire, pueden aparecer como sólidos de cierto peso, o puede tratarse de partículas suspendidas en el agua gracias a su poco peso. Son perceptibles a simple vista y se pueden separar del líquido mediante medios físicos.

Si los sólidos en suspensión son de naturaleza orgánica, se van degradando progresivamente, disminuyendo la cantidad de oxígeno disuelto y generando malos olores.

Los sólidos en suspensión producen una turbidez que dependerá de su concentración y del tipo de material del que se trate. Si son de naturaleza inorgánica, pueden producir depósitos y perturbar los sistemas de evacuación. Los sólidos en suspensión pueden ser:

- Sólidos sedimentables. Estos sólidos tendrán carácter sedimentable si son gruesos y pesados, lo que hace que se decanten más o menos rápidamente por gravedad.
- Sólidos no sedimentables. Estos sólidos son más finos y ligeros, lo que provocará que no se decanten por la acción de la gravedad.

La fracción filtrante de los sólidos corresponde a sólidos coloidales y disueltos.

- Sólidos coloidales. Están formados por partículas de tamaño intermedio entre el de las disoluciones verdaderas y el de las partículas de las suspensiones. Los límites sobre su tamaño son bastante arbitrarios y se fijan por conveniencia. Son fácilmente degradables y tienen gran capacidad de absorción.
- Sólidos disueltos. Se incluyen en este grupo los sólidos compuestos de moléculas orgánicas e inorgánicas e iones en disolución en el agua.

3.1.2 Olores.

Normalmente, los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, algo desagradable, que resulta más tolerable que el del agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica es el debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios. Las aguas residuales industriales pueden contener compuestos olorosos en sí mismo, o compuestos con tendencia a producir olores durante los diferentes procesos de tratamiento.

La problemática de los olores está considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales. A la vista de la importancia de los olores dentro del ámbito de la gestión de las aguas residuales, resulta conveniente estudiar los efectos que producen, cómo se detectan y cómo caracterizarlos y medirlos.

A bajas concentraciones, la influencia de los olores sobre el normal desarrollo de la vida humana tiene más importancia por la tensión psicológica que generan que por el daño que puedan producir al organismo.

3.1.3 Conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica del agua se refiere a la mayor o menor resistencia del agua a permitir el paso de la electricidad.

El agua en estado puro no presenta prácticamente carácter conductor, debido al bajo grado de disolución iónica que presenta. Por lo tanto, para que su conductividad aumente será preciso que haya compuestos disueltos en el agua y disociados en sus iones. Estos compuestos los constituyen en su mayoría las sales minerales. Una medida de la conductividad de un agua nos dará por tanto una estimación acerca de la concentración aproximada de las sales minerales presentes. No nos aportará, sin embargo, información acerca de la contaminación orgánica de un agua en el caso de que esta exista, pues las materias orgánicas del agua apenas modifican la conductividad de esta.

Se debe tener en cuenta que la conductividad varía con la temperatura.

3.1.4 Temperatura.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción.

Como ya hemos indicado la conductividad eléctrica de una agua varía con la temperatura. Esto se debe a que dependiendo de la temperatura aumenta o disminuye la solubilidad de las sales y en especial la de los gases, modificándose por tanto la concentración de las especies iónicas presentes. Por razones análogas se explica la variación del pH con la temperatura.

Por lo cual, el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría. El aumento en las velocidades de las reacciones químicas que produce un aumento de la temperatura, combinado con la reducción del oxígeno presente en las aguas superficiales, es causa frecuente de agotamiento de las concentraciones de oxígeno disuelto durante los meses de verano. Estos efectos se ven ampliados cuando se vierten cantidades considerables de agua caliente a las aguas naturales receptoras. Es preciso tener en cuenta que un cambio brusco de temperatura puede conducir a un fuerte aumento en la mortalidad de la vida acuática. Además, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos.

Otro parámetro que depende de la temperatura es la densidad del agua. Es importante debido a que una alteración de la densidad modifica los movimientos de mezcla de diferentes masas de agua. Además, la temperatura del agua es un dato a considerar para poder predecir los intercambios térmicos que van a tener lugar entre el líquido y las instalaciones por las que pase.

3.1.5 Densidad.

Se define la densidad de un agua residual como su masa por unidad de volumen. Es una característica física importante del agua residual dado que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento. En ocasiones, se emplea como alternativa a la densidad el peso específico del agua residual, obtenido como cociente entre la densidad del agua residual y la densidad del agua. Ambos parámetros, la densidad y el peso específico, depende de la temperatura y varían en función de la concentración total de sólidos en el agua residual.

3.1.6 Color.

El color azul que presentan los grandes volúmenes de agua pura se puede ver alterado por la presencia de determinadas sustancias en disolución, fruto del vertido de productos industriales de desecho. El principal efecto derivado de las alteraciones intensas del color de las aguas lo constituye la contaminación estética, aunque puede llegar a afectar también a su potabilidad.

Puesto que el color de un agua es causado por la presencia en ella de determinadas sustancias, si se quiere corregir un problema de este tipo se deben retirar esas sustancias por el sistema de separación que resulte más adecuado.

3.1.7 Turbiedad.

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión.

3.2.Características químicas: definición y aplicación.

El estudio de las características químicas de las aguas residuales se divide en los siguientes apartados:

- Materia orgánica.
- Materia inorgánica.
- Gases presentes en el agua residual.

3.2.1 Materia orgánica

Son sólidos que provienen de los reinos animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos, de nitrógeno. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas, hidratos de carbono, y grasas y aceites. Otro compuesto orgánico con importante presencia en el agua residual es la urea, principal constituyente de la orina.

Junto con las proteínas, los hidratos de carbono, las grasas y los aceites y la urea, el agua residual también contiene pequeñas cantidades de gran número de moléculas orgánicas sintéticas cuya estructura puede ser desde muy simple a extremadamente compleja. Los ejemplos clásicos son los agentes tensoactivos, los contaminantes orgánicos prioritarios, los compuestos orgánicos volátiles y los pesticidas de uso agrícola.

El número de moléculas orgánicas presentes en las aguas residuales va en aumento debido al incremento en la síntesis. Este hecho ha complicado notablemente los procesos de tratamiento de aguas residuales debido a la imposibilidad, o a la extrema lentitud de los procesos de descomposición biológica de dichos compuestos.

3.2.1.1 Proteínas.

Las proteínas son los principales componentes del organismo animal, mientras que su presencia es menos relevante en el caso de organismos vegetales. Están presentes en todos los alimentos de origen animal o vegetal cuando éstos están crudos. La composición química de las proteínas es muy compleja e inestable, pudiendo adoptar muchos mecanismos de descomposición diferentes. Algunas son solubles en agua, mientras que otras no lo son. Los procesos químicos que intervienen en la formación de las proteínas contemplan la combinación o formación de cadenas con gran número de aminoácidos. Los pesos moleculares de las proteínas son muy grandes, desde 20.000 a 20 millones.

Todas las proteínas contienen carbono, común a todas las sustancias orgánicas, oxígeno e hidrógeno. Además, como característica distintiva, contienen una elevada cantidad de nitrógeno. En muchos casos también contiene azufre, fósforo y hierro. La urea y las proteínas son los principales responsables de la presencia de nitrógeno en las aguas residuales. La existencia de grandes cantidades de proteínas en un agua residual puede ser origen de olores fuertemente desagradables debido a los procesos de descomposición.

3.2.1.2 Hidratos de carbono.

Ampliamente distribuidos por la naturaleza, los hidratos de carbono incluyen azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera, posibles compuestos presentes en el agua residual. Los hidratos de carbono contienen carbono, oxígeno e hidrógeno, los más comunes contienen seis átomos de carbono por molécula (o un múltiplo de seis), y oxígeno e hidrógeno en las mismas proporciones en las que ambos elementos se hallan presentes en el agua. Algunos hidratos de carbono son solubles en agua, principalmente los azúcares, mientras que otros, como los almidones, son insolubles. Los azúcares tienen tendencia a descomponerse; las enzimas de determinadas bacterias y fermentos dan lugar a un proceso de fermentación que incluye la producción de alcohol y dióxido de carbono. Los almidones, por otro lado, son más estables, pero se convierten en azúcares por la actividad bacteriana así como por la acción de ácidos minerales diluidos. Desde el punto de vista del volumen y la resistencia a la descomposición, la celulosa es el hidrato de carbono cuya presencia en el agua residual es más importante. La destrucción de la celulosa es un proceso que se desarrolla sin dificultad en el terreno, principalmente gracias a la actividad de diversos hongos, cuya acción es especialmente notables en condiciones ácidas.

3.2.1.3 Grasas, grasas animales y aceites.

El término grasa, de uso extendido, engloba las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales.

Las grasas animales y los aceites son compuestos de alcohol (ésteres) o glicerol (glicerina) y ácidos grasos. Los glicéridos de ácidos grasos que se presentan en estado líquido a temperaturas normales se denominan aceites, mientras que los que se presentan en estado sólido reciben el nombre de grasas. Químicamente son muy parecidos, y están compuestos por carbono, oxígeno e hidrógeno en diferentes proporciones.

Las grasas se hallan entre los compuestos orgánicos de mayor estabilidad, y su descomposición por acción bacteriana no resulta sencilla. No obstante, sufren el ataque de ácidos minerales, lo cual conduce a la formación de glicerina y ácidos grasos. En presencia de determinadas sustancias alcalinas, como el hidróxido de sodio, se libera la glicerina dando paso a la formación de sales alcalinas y ácidos grasos. Las sales alcalinas que se producen se conocen como jabones, sustancias que, como las grasas, son estables. Los jabones comunes se obtienen mediante la saponificación de grasas con hidróxido de sodio. Son solubles en agua, pero en presencia de constituyentes de dureza, las sales sódicas se transforman en sales cálcicas y magnésicas de ácidos grasos, compuestos también conocidos como jabones minerales que son insolubles y precipitan.

La presencia de grasas y aceites en el agua residual puede provocar problemas en las plantas de tratamiento. Si no se elimina el contenido en grasa antes del vertido del agua residual, puede interferir con la vida biológica en aguas superficiales y crear películas y acumulaciones de materia flotante desagradables.

3.2.2 Materia inorgánica.

Son varios los componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales que tienen importancia para la determinación y control de la calidad del agua. Las concentraciones de las sustancias inorgánicas en el agua aumentan tanto por el contacto del agua con las diferentes formaciones geológicas, como por las aguas residuales, tratadas o sin tratar, que a ella se descargan. Las aguas naturales disuelven parte de las rocas y minerales con los que entran en contacto. Las aguas residuales, salvo el caso de determinados residuos industriales, no se suelen tratar con el objetivo específico de eliminar los constituyentes inorgánicos que se incorporan durante el ciclo de uso. Las concentraciones de constituyentes inorgánicos aumentan, igualmente, debido al proceso natural de evaporación que elimina parte del agua superficial y deja las sustancias inorgánicas en el agua. Puesto que las concentraciones de los diferentes constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos del agua, conviene examinar la naturaleza de algunos de ellos, especialmente aquellos que han sido incorporados al agua superficial durante su ciclo de uso.

3.2.2.1 pH.

La concentración de ion hidrógeno (concentración de protones) es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de aguas naturales como residuales. El intervalo de concentraciones adecuado para la adecuada proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica es bastante estrecho y crítico. El agua residual con concentraciones de ion hidrógeno inadecuadas presenta dificultades de tratamiento con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas.

La escala de pH puede tomar valores de 0 a 14, siendo $\text{pH} = 7$ el correspondiente a una disolución neutra, esto es, sin carácter ácido ni alcalino. Para valores menores de 7 se trata de una disolución de carácter ácido, siendo mayor la acidez cuanto menor sea el valor de pH registrado. Por el contrario, una disolución cuyo pH sea mayor que 7 será una disolución alcalina o básica, siendo mayor el carácter alcalino cuanto mayor sea el valor del pH.

3.2.2.2 Cloruros.

Otro parámetro de calidad importante es la concentración de cloruros. Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua. En el caso de aguas costeras, su presencia también es debida a la intrusión de aguas saladas. Otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales.

Las heces, por ejemplo, suponen un aporte de cloruros. En lugares donde la dureza del agua sea elevada, los compuestos que reducen la dureza del agua también son una importante fuente de aportación de cloruros. Puesto que los métodos convencionales de tratamiento de las aguas no contemplan la eliminación de cloruros en cantidades significativas, concentraciones de cloruros superiores a las normales pueden constituir indicadores de que la masa de agua receptora está siendo utilizada para el vertido de aguas residuales.

3.2.2.3 Alcalinidad.

La alcalinidad de un agua residual está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio o el amoníaco. De entre todos ellos, los más comunes son el bicarbonato de calcio y el bicarbonato de magnesio. La alcalinidad ayuda de regular los cambios del pH producidos por la adición de ácidos. Normalmente, el agua residual es alcalina, propiedad que adquiere de las aguas de tratamiento, el agua subterránea, y los materiales añadidos en sus usos domésticos o industriales. La concentración de alcalinidad en un agua residual es importante en aquellos casos en los que empleen tratamientos químicos, en la eliminación biológica de nutrientes, y cuando haya que eliminar el amoníaco mediante arrastre por aire.

3.2.2.4 Nitrógeno.

Los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas, razón por la cual reciben el nombre de nutrientes o bioestimuladores. Trazas de otros elementos, tales como el hierro, son necesarios para el crecimiento biológico. No obstante, el nitrógeno y el fósforo son, en la mayoría de los casos, los principales elementos nutritivos. Puestos que el nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de proteínas, será preciso conocer datos sobre la presencia del mismo en las aguas, y en qué cantidades, para valorar la posibilidad de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales mediante procesos biológicos. Cuando el contenido de nitrógeno sea insuficiente, será preciso añadirlo para hacer tratable el agua residual.

El contenido total en nitrógeno está compuesto por nitrógeno orgánico, amoníaco, nitrito y nitrato. El contenido en nitrógeno orgánico se determina con el método Kjeldahl.

En el agua residual reciente, el nitrógeno se halla primariamente combinado en forma de materia proteínica y urea, aunque su paso a la forma amoniacal se produce enseguida. La edad de un agua residual puede medirse en función de la proporción de amoníaco presente. En medio aerobio, la acción de las bacterias puede oxidar el nitrógeno amoniacal a nitratos y nitritos. La preponderancia de nitrógeno en forma de nitratos en un agua residual es un fiel indicador de que el residuo se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno. No obstante, los animales pueden emplear los nitratos para sintetizar proteínas animales. La muerte y descomposición de proteínas vegetales y animales vuelve a generar más amoníaco. Por lo tanto, si la presencia de nitratos puede ser aprovechada por las algas y otras plantas para la síntesis de proteínas, puede ser necesario adoptar medidas para la reducción del nitrógeno presente para prevenir la proliferación de estas plantas.

3.2.2.5 Fósforo.

El fósforo también es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido a que en aguas residuales tienen lugar nocivas proliferaciones incontroladas de algas, actualmente existe mucho interés en limitar la cantidad de compuestos de fósforo que alcanzan las aguas superficiales por medio de vertidos de aguas residuales domésticas, industriales, y a través de las escorrentías naturales.

Las formas más frecuentes en las que se presenta el fósforo en soluciones acuosas incluyen el ortofosfato, el polifosfatos y los fosfatos orgánicos.

3.2.2.6 Azufre.

El ion sulfato se encuentra, de forma natural, tanto en la mayoría de las aguas de abastecimiento como en el agua residual. Para la síntesis de proteínas, es necesario disponer de azufre, elemento que posteriormente será liberado en el proceso de degradación de las mismas. Los sulfatos se reducen químicamente a sulfuros y a sulfuros de hidrógeno bajo la acción bacteriana en condiciones anaerobias.

3.2.2.7 Compuestos tóxicos inorgánicos.

Algunos cationes son de gran importancia de cara al tratamiento y evacuación de aguas residuales. Muchos de dichos compuestos están clasificados como contaminantes prioritarios. El cobre, el plomo, la plata, el cromo, el arsénico y el boro son tóxicos en mayor o menor grado para los microorganismos, razón por la cual deben ser considerados en el proyecto de plantas de tratamiento biológico. El funcionamiento de muchas de ellas se ha visto alterado por la presencia de estos iones, hasta el extremo de provocar la muerte de los microorganismos, obligando a detener el tratamiento.

3.2.2.8 Metales pesados.

Como constituyentes importantes de muchas aguas, también se encuentran cantidades, a nivel de traza, de muchos metales. Entre ellos podemos destacar el níquel, el manganeso, el plomo, el cromo, el cadmio, el cinc, el cobre, el hierro y el mercurio. Muchos de estos metales también están catalogados como contaminantes prioritarios. Algunos de ellos son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida biológica, y la ausencia de cantidades suficientes de ellos podría limitar el crecimiento de las algas, por ejemplo. Debido a su toxicidad, la presencia de cualquiera de ellos en cantidades excesivas interferirá con gran número de los usos del agua. Es por ello que, a menudo, resulta conveniente medir y controlar las concentraciones de dichas sustancias.

3.2.3 Gases.

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno, el oxígeno, el dióxido de carbono, el sulfuro de hidrógeno, el amoníaco y el metano. Los tres primeros son gases de común presencia en la atmósfera, y se encuentran en todas las aguas en contacto con la misma. Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

3.2.3.1 Oxígeno disuelto.

El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida. Sin embargo, el oxígeno es sólo ligeramente soluble en agua. La cantidad real de oxígeno y otros gases que puede estar presente en la solución, viene condicionada por los siguientes aspectos: solubilidad del gas; presión parcial del gas en la atmósfera; temperatura, y pureza de agua (salinidad, sólidos en suspensión, etc.).

Debido a que la velocidad de las reacciones bioquímicas que consumen oxígeno aumenta con la temperatura, los niveles de oxígeno disuelto tienden a ser más críticos en las épocas estivales. El problema se agrava en los meses de verano, debido a que el caudal de los cursos de agua es generalmente menor, razón por la cual la cantidad total de oxígeno disponible es también menor. Dado que evita la formación de olores desagradables en las aguas residuales, es deseable y conveniente disponer de cantidades suficientes de oxígeno disuelto.

3.2.3.2 Sulfuro de hidrógeno.

El sulfuro de hidrógeno se forma durante el proceso de descomposición de la materia orgánica que contiene azufre, o en la reducción de sulfitos y sulfatos minerales, mientras que su formación queda inhibida en presencia de grandes cantidades de oxígeno. Es un gas incoloro, inflamable, con un olor típicamente característico que recuerda al de huevos podridos. El ennegrecimiento del agua residual y del fango se debe, generalmente, a la formación de sulfuro de hidrógeno que se combina con el hierro presente para formar sulfuro ferroso u otros sulfuros metálicos.

3.2.3.3 Metano.

El principal subproducto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica del agua residual es el gas metano. El metano es un hidrocarburo combustible de alto valor energético, incoloro e inodoro. Normalmente, no se encuentra en grandes cantidades en el agua residual, puesto que pequeñas cantidades de oxígeno tienden a ser tóxicas para los organismos responsables de la producción de metano. No obstante, en ocasiones, se produce metano como resultado de un proceso de descomposición anaerobia que puede darse en depósitos acumulados en el fondo.

3.3 Características biológicas: definición y aplicación.

El ingeniería debe tener un conocimiento exhaustivo de las características biológicas de las aguas residuales. En este apartado se va a explicar los principales grupos de microorganismos biológicos presentes, tanto en aguas residuales como en aguas superficiales, así como aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos.

3.3.1 Microorganismos.

Los principales grupos de organismos presentes tanto en aguas residuales como superficiales se clasifican en organismos eucariotas, eubacterias y arqueobacterias.

La siguiente tabla pretende realizar una clasificación de los microorganismos.

Tabla 1. Clasificación de los microorganismos.

Grupo	Estructura celular	Caracterización	Miembros representativos
Eucariotas	Eucariota	Multicelular, con gran diferenciación de las células y el tejido.	Plantas (plantas de semilla, musgos, helechos). Animales (vertebrados e invertebrados).
		Unicelular o coenocética o micelial; con escasa o nula diferenciación de tejidos.	Protistas (algas, hongos, protozoos).
Eubacterias	Procariota	Química celular parecida a las eucariotas.	La mayoría de las bacterias.
Arqueobacterias	Procariota	Química celular distintiva.	Metanógenos, halófilos, termacidófilos.

3.3.1.1 Bacterias.

Las bacterias son organismos procariotas unicelulares. Su modo habitual de reproducción es por escisión binaria, aunque algunas especies se reproducen sexualmente o por gemación. Existen miles de especies diferentes de bacterias, aunque forma general encaja dentro de alguna de las tres siguientes categorías: esféricas, cilíndricas y helicoidales. El tamaño de las bacterias es muy variable.

En general, la estructura celular de la mayoría de las células bacterianas es bastante parecida. Como se puede apreciar en la Figura, el interior de la célula, que recibe el nombre de citoplasma, contiene una suspensión coloidal de proteínas, carbohidratos, y otros compuestos orgánicos complejos. La región citoplasmática contiene ácido ribonucleico (ARN), cuya principal misión es la síntesis de proteínas. Asimismo, en el citoplasma, se halla la región del núcleo, rica en ácido desoxirribonucleico (ADN). El ADN contiene toda la información necesaria para la reproducción de la totalidad de los componentes de la célula y se puede considerar como la base de la célula.

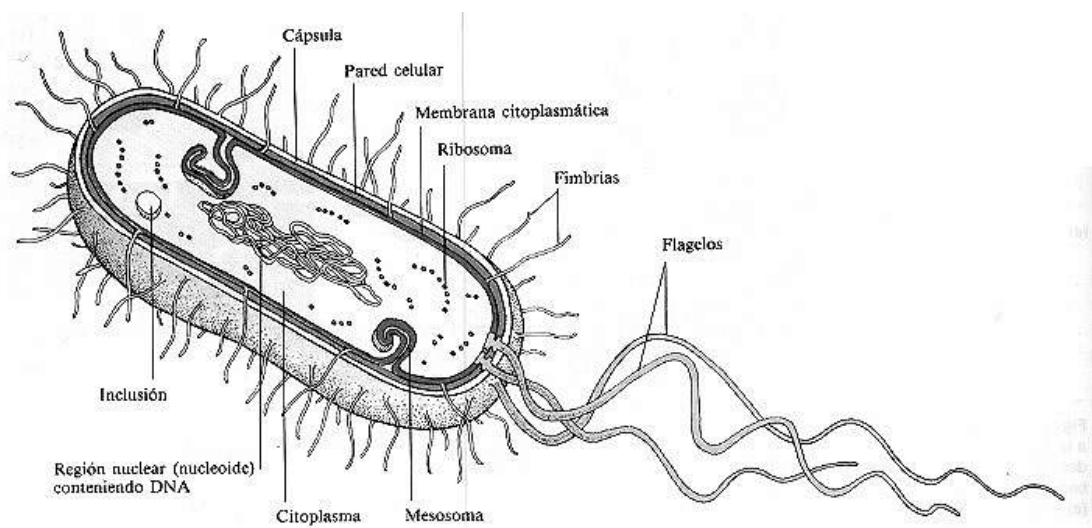


Figura 2. Estructura celular.

Las condiciones ambientales de temperatura y de pH tienen un papel importante en la supervivencia y crecimiento de las bacterias. A pesar de que las bacterias pueden sobrevivir en un intervalo bastante amplio de valores de temperatura y de pH, el crecimiento óptimo se suele producir en un intervalo muy restringido de valores de estos dos parámetros. Según el intervalo de temperatura en el que el desarrollo bacteriano es óptimo, las bacterias se pueden clasificar en psicrófilas, mesófilas y termófilas. Los intervalos de temperatura óptima típicos para las bacterias de estas tres categorías señaladas están indicados en la Tabla. El pH del medio ambiente también constituye un factor clave en el crecimiento de los organismos. La mayoría de las bacterias no tolera niveles de pH por debajo de 4,0 ni superiores a 9,5. En general, el pH óptimo para el crecimiento bacteriano se sitúa entre 6,5 y 7,5.

Tabla 2. Intervalos de temperatura óptima típicos para las bacterias.

Tipo	Temperatura, °C	
	Intervalo	Temperatura óptima
Psicrófilas	-10 - 30	12 - 18
Mesófilas	20 - 50	25 - 40
Termófilas	35 - 75	55 - 65

3.3.1.2 Hongos.

Los hongos son protistas eucariotas aerobios, multicelulares, no fotosintéticos y quimioheterótrofos. Muchos de los hongos son saprófitos; basan su alimentación en materia orgánica muerta. Junto con las bacterias, los hongos son los principales responsables de la descomposición del carbono en la biosfera. Sin la colaboración de los hongos en los procesos de degradación de la materia orgánica el ciclo del carbono se interrumpiría en poco tiempo, y la materia orgánica empezaría a acumularse.

Los hongos se suelen clasificar en función de su modo de reproducción. Se pueden reproducir sexual o asexualmente, por escisión, gemación, o por formación de esporas. Los mohos u "hongos verdaderos" producen unidades microscópicas (hifas), que colectivamente forman una masa filamentosa llamada micelio.

La mayoría de los hongos son aerobios estrictos. Pueden crecer con muy poca humedad y toleran ambientes con pH relativamente bajos. El pH óptimo para la mayoría de las especies es 5,6, mientras que el intervalo de tolerancia se sitúa entre 2 y 9. Los hongos tienen una baja demanda de nitrógeno, sólo necesitan, aproximadamente, la mitad que las bacterias. La capacidad de los hongos para sobrevivir en condiciones de pH bajos y escasa disponibilidad de nitrógeno los convierte en organismos de gran importancia en el tratamiento de aguas residuales de origen industrial y en la formación de compuestos a partir de residuos sólidos orgánicos.

3.3.1.3 Protozoos y rotíferos.

Los protozoos son microorganismos eucariotas cuya estructura está formada por una sola célula abierta. La mayoría de los protozoos son aerobios o facultativamente quimioheterótrofos anaerobios, aunque se conocen algunos anaerobios. Los protozoos más importantes para el tratamiento de aguas son las amebas, los flagelados y ciliados libres y fijos.

Los protozoos suelen ser mayores que las bacterias, y se suelen alimentar de bacterias y otros microorganismos microscópicos para la obtención de energía. Tienen una importancia capital, tanto en el funcionamiento de los tratamientos biológicos como en la purificación de cursos de agua ya que son capaces de mantener el equilibrio natural entre los diferentes tipos de microorganismos, debido a que consumen bacterias y materia orgánica. Ciertos protozoos son también patógenos.

El rotífero es un animal aerobio, heterótrofo y multicelular. Su nombre procede del hecho de que disponen de dos juegos de pestañas giratorias sobre la cabeza, que emplean para la captura de alimentos y para moverse. Los rotíferos son muy eficaces en la eliminación de bacterias dispersas y floculadas, así como de pequeñas partículas de materia orgánica. Su presencia en un efluente indica un proceso aerobio de purificación biológica muy eficiente.

3.3.1.4 Algas.

Las algas son protistas unicelulares o multicelulares, autótrofas y fotosintéticas. Tienen gran importancia en los procesos de tratamiento biológico. En lagunas de estabilización, la capacidad de las algas para generar oxígeno por fotosíntesis es vital para la ecología del medio ambiente acuático. Para que una laguna de oxidación aerobia o facultativa funcione adecuadamente, la presencia de algas es necesaria para suministrar el oxígeno a las bacterias heterótrofas aerobias.

Las algas pueden presentar serios inconvenientes en las aguas superficiales, puesto que pueden reproducirse rápidamente cuando las condiciones son favorables. Este fenómeno, que se conoce con el nombre de crecimiento explosivo, puede conducir a que ríos, lagos y embalses sean cubiertos por grandes colonias flotantes de algas. Los crecimientos explosivos son característicos de los llamados lagos eutróficos, que son lagos con gran contenido en compuestos necesarios para el crecimiento biológico. Puesto que el efluente de las plantas de tratamiento del agua residual suele ser rico en nutrientes biológicos, la descarga del efluente en los lagos provoca su enriquecimiento y aumenta su tasa de eutrofización. En los ríos pueden producirse efectos análogos.

La presencia de algas afecta al valor del agua de abastecimiento, ya que puede originar problemas de olor y de sabor. En cuanto a los usos del agua relacionados con el ocio, las algas también pueden alterar el valor de las aguas acuáticas. La determinación de la concentración de algas en aguas superficiales se realiza tomando muestras por alguno de los métodos conocidos y haciendo un recuento al microscopio.

Uno de los problemas más importantes al que se enfrenta el ingeniero en el campo de la gestión de la calidad del agua es el de encontrar el proceso de tratamiento que hay que aplicar a las aguas residuales de diferentes orígenes de modo que los efluentes no favorezcan el crecimiento de algas y demás plantas acuáticas. La solución puede implicar la eliminación del carbono, así como de las diferentes formas de nitrógeno y fósforo y alguno de los elementos que se hallan presentes a nivel de traza, como el hierro y el cobalto.

3.3.1.5 Plantas y animales.

Las diferentes plantas y animales que tienen importancia para el tratamiento de las aguas residuales tienen tamaños diferentes muy variados: desde los gusanos y rotíferos microscópicos hasta crustáceos macroscópicos. El conocimiento de estos organismos resulta útil a la hora de valorar el estado de lagos y corrientes, al determinar la toxicidad de las aguas residuales evacuadas al medio ambiente, y a la hora de determinar la efectividad de la vida biológica en los tratamientos secundarios empleados para destruir los residuos orgánicos.

Desde el punto de vista de la salud pública, existen ciertos gusanos que merecen especial atención y preocupación.

3.3.1.6 Virus.

Los virus son partículas parasíticas formadas por un cordón de material genético -ácido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (RNA)- con una capa de recubrimiento protéico. No tienen capacidad para sintetizar compuestos nuevos. En lugar de ello, invaden las células del cuerpo vivo que los acoge y reconducen la actividad celular hacia la producción de nuevas partículas virales a costa de las células originales. Cuando muere la célula original, se liberan gran cantidad de virus que infectarán células próximas.

Los virus excretados por los seres humanos pueden representar un importante peligro para la salud pública. Se sabe con certeza que algunos virus pueden sobrevivir hasta 41 días, tanto en aguas limpias como residuales a la temperatura de 20°C, y hasta 6 días en un río normal. Para determinar los mecanismos de transporte y eliminación de virus en suelos, aguas superficiales y residuales, es necesario un esfuerzo aún mayor por parte tanto de biólogos como de ingenieros.

4 Resultados finales.

Como se ha comentado anteriormente, los mataderos de porcino generan un volumen importante de aguas residuales que debe ser tratada. Para ello, deben saberse las características de las aguas antes del tratamiento.

Para conocer lo mejor posible un agua residual industrial, se deben elegir las informaciones a obtener para que estas definan lo más exactamente posible los componentes y las características de ese agua residual. En principio, se debe saber la sensibilidad que se quiere alcanzar, y después debemos definir qué variables serán más representativas para cada caso.

Los parámetros indicaran la calidad del agua. La mayoría de los efluentes industriales contaminados constituyen mezclas complejas, cuyo control completo es inviable (e innecesario). La contaminación de estas aguas puede ser causada por materias disueltas de carácter mineral u orgánico, degradables o no, materiales coloidales o en emulsión, materias en suspensión, gases, etc.

Por todo ello, la carga contaminante se deberá evaluar, por una parte, mediante pruebas globales específicas y, por otra, con el control de los parámetros elementales que se han indicado anteriormente.

A continuación se presenta la caracterización del agua residual procedente del matadero, estos valores han sido proporcionados por la empresa promotora.

Tabla 3. Caracterización del influente.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno, DQO	8000	mgO_2/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO ₅	3725	mgO_2/l
Materias en Suspensión, MES	4000	mg/l
Nitrógeno Total Kjeldahl, NKT	550	mgN/l
Aceite y Grasas	1600	mg/l
Fósforo Total	75	mgP/l
pH	7,5	$u.pH$

Todos los parámetros de la tabla anterior, excepto la *demanda química de oxígeno* (DQO) y la *demanda bioquímica de oxígeno* (DBO₅) han sido explicados anteriormente en este mismo apartado.

Tanto la *demanda química de oxígeno*, como la *demanda bioquímica de oxígeno* son ensayos realizados para la determinación del contenido orgánico de las aguas residuales. La diversa naturaleza de los compuestos orgánicos y de los estados de degradación en que se presentan desaconseja el empleo de un sólo indicador (método o ensayo) para evaluar la contaminación orgánica del agua. A continuación serán definidos los dos ensayos seleccionados para caracterizar el agua que debe ser tratada.

- *Demanda Bioquímica de Oxígeno.*

El parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, es la DBO a 5 días (DBO_5). La determinación del mismo está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Este parámetro ha sido objeto de continuas discusiones; sin embargo, mejorando y precisando las condiciones del pH, de la temperatura y de la salinidad, constituye un método válido de estudio de los fenómenos naturales de degradación de la materia orgánica. Las dificultades de aplicación e interpretación de los resultados y de su reproducción son inherentes al carácter biológico del método. Este ensayo se suele desarrollar bajo las Normas ISO 5815-1983-UNE 77-003-89, adaptadas a los cinco días.

Hay que considerar que la oxidación de las materias orgánicas no es el único fenómeno que tiene lugar en la biodegradación. A esta se debe añadir la oxidación de los nitritos y de las sales amoniacales, así como el consumo de oxígeno por los procesos de asimilación y de formación de nuevas células. Por lo tanto, en la medida de este parámetro se producen variaciones según las especies de microorganismos, según su concentración y edad, según la presencia de bacterias nitrificantes y según la presencia de protozoos consumidores de oxígeno que se alimentan de bacterias.

Además, a lo largo de los procesos catabólicos, las reacciones de descarboxilación, hidrólisis e hidratación no consumen oxígeno, pero el elemento intermolecular sí puede emplearse con fines respiratorios, dando lugar a una disminución del oxígeno medido.

Los resultados de los ensayos de DBO se emplean para: determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente; dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales; medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento, y controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.

- *Demanda Química de Oxígeno.*

Ciertas sustancias presentes en las aguas residuales, al verterse a un curso o a una masa de agua, captan parte del oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras. Estas necesidades de oxígeno, al margen de todo proceso biológico, se denomina *demanda química de oxígeno*.

El ensayo de la DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. En el ensayo, se emplea un agente químico fuertemente oxidante en medio ácido para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse. El ensayo debe hacerse a elevadas temperaturas. Para facilitar la oxidación de determinados tipos de compuestos orgánicos es preciso emplear un catalizador, puesto que algunos compuestos orgánicos interfieren con el normal desarrollo del ensayo. Este ensayo se suele desarrollar bajo las Normas ISO 6060-1986-UNE 77-004-89 por el método del dicromato.

El ensayo de la DQO también se emplea para la medición de la materia orgánica presente en aguas residuales que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica. La DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica. En muchos tipos de aguas residuales es posible establecer una relación entre los valores de la DBO y la DQO. Una vez establecida la correlación entre ambos parámetros, pueden emplearse las medidas de la DQO para el funcionamiento y control de las plantas de tratamiento.

Otro parámetro importante para caracterizar las aguas residuales antes del tratamiento es su temperatura. Aunque este parámetro no ha sido proporcionado por la empresa promotora, se sabe que la temperatura del agua consumida en un matadero no es constante.

Para obtener la temperatura media se ha utilizado una distribución estimada del consumo de agua comunicada por un matadero finlandés, obtenida del documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles para mataderos e industrias de subproductos animales.

Tabla 4. Distribución estimada del consumo de agua en un matadero finlandés.

Uso	Distribución del consumo de agua (% del total)
Agua a 4 – 7 °C	
Limpieza de intestinos	16,94
Matanza	8,69
Estabulación	1,27
Lavado de vehículos	0,03
Limpieza de pieles / cueros y cabezas	3,02
Planta de tratamiento de aguas residuales	0,11
Refrigeración	0,23
Higiene	0,3
Total agua a 4 – 7 °C	30,59
Agua a 40 °C	
Matanza	7,8
Limpieza	0,87
Diversos	15,39
Total agua a 40 °C	24,06
Agua a 55 °C	
Limpieza de intestinos	2,43
Limpieza	21,64
Diversos	0,75
Total agua a 55 °C	24,82
Agua a 90 °C	
Matanza	15,23
Despiece / deshuesado	3,77
Limpieza de intestinos	1,53
Total agua a 90 °C	20,53
Total agua	100

Por lo cual, la temperatura media será calculada de la siguiente manera:

$$T_{media} = \left(\frac{4 + 7}{2} \cdot \frac{30,59}{100} \right) + \left(40 \cdot \frac{24,06}{100} \right) + \left(55 \cdot \frac{24,82}{100} \right) + \left(90 \cdot \frac{20,53}{100} \right) = 43,43445 \text{ °C}$$

Cálculos

Índice

1	Canal encargado de guiar el agua desde el tanque de regulación a través de la planta de tratamiento.	7
2	Canal encargado de guiar el agua hasta el tanque de regulación.	10
3	Desbaste	12
3.1.	Velocidad de paso entre barrotes.	12
3.2.	Ancho del canal en la zona de rejillas.....	13
3.3.	Cálculo de la pérdida de carga.	14
4	Homogeneización.....	16
5	Desarenador - Desengrasador.....	20
5.1.	Determinación de las velocidades.....	21
5.2.	Determinación de la sección transversal.....	21
5.3.	Determinación de la longitud del desarenador.	22
5.4.	Comprobaciones.	23
5.5.	Cálculo de las necesidades de oxigenación.	25
5.6.	Extracción de arenas.	25
6	Coagulación.....	26
6.1.	Cantidad de coagulante	26
6.2.	Tanque de preparación del coagulador.	27
6.3.	Tanque del coagulador.....	28
6.4.	Dimensiones del agitador.....	29
7	Floculación.	31
7.1.	Tanque de preparación del floculador.....	31
7.2.	Tanque del coagulador.....	32
7.3.	Dimensiones del agitador.....	33

8	Decantación Primaria.....	35
8.1.	Velocidad ascensional.....	35
8.2.	Tiempo de retención.....	35
8.3.	Relaciones dimensionales.....	36
8.4.	Dimensiones de la zona de entrada.....	36
8.5.	Longitud del vertedero de salida.....	37
8.6.	Barrederas de fangos.....	38
8.7.	Caudales de fangos producidos.....	38
8.8.	Pocetas de fangos.....	39
9	Tratamiento biológico.....	40
9.1.	Volumen del tanque.....	40
9.2.	Tiempo de residencia.....	42
9.3.	Producción de fangos en exceso.....	43
9.4.	Recirculación de fangos.....	44
9.5.	Edad del fango.....	45
9.6.	Necesidad de oxígeno.....	45
10	Decantación secundaria.....	56
10.1.	Superficie del decantador.....	56
10.2.	Volumen del decantador.....	57
10.3.	Relaciones dimensionales.....	57
10.4.	Dimensiones de la zona de entrada.....	58
10.5.	Longitud del vertedero de salida.....	59
10.6.	Barrederas de fangos.....	60
10.7.	Pocetas de fangos.....	60

Tablas

Tabla 1. Características del canal principal cuando $Q = 45 \text{ m}^3/\text{día}$.	8
Tabla 2. Características del canal principal cuando $Q = 195 \text{ m}^3/h$.	9
Tabla 3. Jornada laboral de los mataderos.	10
Tabla 4. Caudal de entrada dependiendo de los animales sacrificados en cada matadero	10
Tabla 5. Características del canal del canal de entrada.	11
Tabla 6. Jornada laboral de los mataderos.	16
Tabla 7. Caudal de entrada dependiendo de los animales sacrificados en cada matadero	17
Tabla 8. Valores usuales de la concentración de fangos.	39
Tabla 9. Carga másica dependiendo del tipo de proceso.	41
Tabla 10. Valores C_m en función del rendimiento del proceso.	41
Tabla 11. Valor de la concentración de sólidos del licor mezcla en función del tipo de proceso.	41
Tabla 12. Valores relativos a la carga superficial en función del proceso seleccionado....	56

Figuras

Figura 1. Determinación del volumen de homogeneización.	18
Figura 2. Sección transversal del desengrasador - desarenador	21
Figura 3. Semejanzas geométricas de un sistema de agitación del tipo turbina.....	29
Figura 4. Semejanzas geométricas de un sistema de agitación del tipo turbina.....	33

1 Canal encargado de guiar el agua desde el tanque de regulación a través de la planta de tratamiento.

Primero se dimensionará el canal encargado de guiar el agua desde el tanque de regulación a través de la planta de tratamiento, puesto que este canal trabajará constantemente a caudal medio. Sin embargo el canal encargado de guiar el agua hasta el tanque de regulación será dimensionado para caudal máximo, por tanto si el primero cumple los requisitos mínimos de diseño, el segundo también los cumplirá.

El canal será único y por tanto será dimensionado con una capacidad de $45 \text{ m}^3/\text{día}$, y con las siguientes características restrictivas:

Sección	Rectangular
Ancho del canal (m)	$0,3 \leq b \leq 0,7$
Pendiente del canal	$\geq 0,5\%$
Coefficiente de rugosidad de Manning	$n = 0,014$ para el hormigón

Para dimensionar el canal se utiliza la formula de Manning.

$$v = \frac{1}{n} \cdot R_H^{2/3} \cdot \alpha^{1/2}$$

Donde:

v	=	velocidad de paso (m/s)
$1/n$	=	coeficiente de rugosidad de Manning
R_H	=	radio hidráulico (m)
α	=	pendiente del canal

El radio hidráulico, es un parámetro fundamental en el dimensionamiento de canales, es la relación entre el área del canal y el perímetro mojado, por lo cual su cálculo varía según la sección del canal. Para un canal rectangular el radio hidráulico se expresará de la siguiente manera:

$$R_H = \frac{A_{\text{canal}}}{P_{\text{mojado}}} = \frac{b \cdot y}{2 \cdot y + b}$$

Donde:

b	=	anchura del canal (m)
y	=	altura del agua (m)

Además, la velocidad de paso del agua (v) puede formularse en función de la altura del canal.

$$v = \frac{Q}{A_{canal}} = \frac{Q}{b \cdot y}$$

Sustituyendo el radio hidráulico y la velocidad de paso del agua en la fórmula de Manning se obtienen la siguiente expresión, donde se determinará la altura del agua en el canal.

$$\frac{Q}{b \cdot y} = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{b \cdot y}{2 \cdot y + b} \right)^{2/3} \cdot \alpha^{1/2}$$

$$\frac{45}{\frac{24 \cdot 3600}{b \cdot y}} = \frac{1}{0,014} \cdot \left(\frac{b \cdot y}{2 \cdot y + b} \right)^{2/3} \cdot 0,005^{1/2}$$

Fijando la anchura mínima del canal, $b = 0,3 \text{ m}$, se obtiene un canal con las siguientes características:

Tabla 1. Características del canal principal cuando $Q = 45 \text{ m}^3/\text{día}$

Caudal medio	45 m³/d
Sección	Rectangular
Ancho del canal	0,3 m
Altura del agua	0,0085 m
Pendiente del canal	0,5%

La altura del agua obtenida es demasiado pequeña, lo cual podría provocar problemas, así que debemos aumentar su valor.

Para aumentar el valor de la altura del agua, se utilizará la ecuación que define la velocidad de paso del agua.

$$v = \frac{Q}{A_{canal}} = \frac{Q}{b \cdot y}$$

A partir del *Manual de diseño de estaciones depuradoras de agua residuales* de Aurelio Hernández Lehmann se fijan unos valores mínimos asumibles para el correcto funcionamiento de la estación depuradora.

$$\begin{aligned} v_{min}(Q_{med}) &> 0,6 \text{ m/s} \\ b &> 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

Además, tras la búsqueda de información bibliográfica se ha considerado que la altura del agua debería tener un valor mínimo de 0,3 m.

$$y > 0,3 \text{ m}$$

De manera que para obtener unos valores razonables para diseñar la EDAR será necesario aumentar el caudal medio.

$$v = \frac{Q}{b \cdot y} \rightarrow Q = v \cdot b \cdot y$$

$$Q = v \cdot b \cdot y$$

$$Q = 0,6 \cdot 0,3 \cdot 0,3 = 0,054 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para aumentar el caudal de entrada se ha optado por unificar el agua residual de todos los mataderos que se encuentran a una determinada distancia. Suponiendo que todos los mataderos unificados tienen la misma capacidad podemos calcular el número de mataderos unificados.

$$Q_{final} = n \cdot Q_{matadero}$$

$$n = \frac{Q_{final}}{Q_{matadero}} = \frac{0,054 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00051771 \text{ m}^3/\text{s}} = 103,68 \cong 104 \text{ mataderos}$$

$$Q_{final} = n \cdot Q_{matadero} = 104 \cdot 0,00051771 \text{ m}^3/\text{s} = 0,054 \text{ m}^3/\text{s}$$

Una vez calculado el caudal medio final, se calcula la altura total del canal sobredimensionándolo un 15%. Con todo ello, el canal encargado de guiar el agua desde el tanque de regulación a través de la planta de tratamiento tendrá las siguientes características:

Tabla 2. Características del canal principal cuando $Q = 195 \text{ m}^3/\text{h}$

Caudal medio	195 m ³ /h
Sección	Rectangular
Ancho del canal	0,3 m
Altura del agua	0,3 m
Altura del canal	0,345 m
Pendiente del canal	0,5%

2 Canal encargado de guiar el agua hasta el tanque de regulación.

El canal encargado de guiar el agua hasta el tanque de regulación, será determinado a partir del caudal máximo de entrada. El caudal máximo se obtiene a partir de los animales sacrificados en cada matadero durante cada hora de trabajo, para ello se han recolectados los siguientes datos.

Tabla 3. Jornada laboral de los mataderos.

	Lunes - Viernes	Domingo
Primer turno	06 h - 14 h	14 h - 22 h
Segundo turno	14 h - 22 h	22 h - 06 h

El caudal de entrada será calculado de la siguiente manera:

$$Q_{\text{entrada}} = \text{Número de animales sacrificados por matadero} \\ \cdot \text{Número de mataderos} \cdot \text{Consumo de agua por animal}$$

Tabla 4. Caudal de entrada dependiendo de los animales sacrificados en cada matadero.

Hora	Animales sacrificados en cada matadero		Caudal de entrada (m^3/h)	
	Primer turno	Segundo turno	Primer turno	Segundo turno
1	5	8	193,830	310,128
2	10	10	387,660	387,660
3	9	9	348,894	348,894
4	10	10	387,660	387,660
5	9	9	348,894	348,894
6	10	10	387,660	387,660
7	9	9	348,894	348,894
8	8	5	310,128	193,830
Caudal máximo (m^3/h)			387,660	

Para dimensionar el canal encargado de guiar el agua hasta el tanque de regulación utilizaremos la formula fórmula de Manning modificadaa anteriormente.

$$\frac{Q_{m\acute{a}x}}{b \cdot y} = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{b \cdot y}{2 \cdot y + b} \right)^{2/3} \cdot \alpha^{1/2}$$

$$\frac{387,66}{0,3 \cdot y} = \frac{1}{0,014} \cdot \left(\frac{0,3 \cdot y}{2 \cdot y + 0,3} \right)^{2/3} \cdot 0,005^{1/2}$$

Una vez calculado el caudal máximo, se calcula la altura total del canal sobredimensionándolo un 15%. Con todo ello, el canal encargado de guiar el agua hasta el tanque de regulación tendrá las siguientes características:

Tabla 5. Características del canal de entrada.

Caudal máximo de entrada	387,66 m ³ /h
Sección	Rectangular
Ancho del canal	0,3 m
Altura del agua	0,32 m
Altura del canal	0,37 m
Pendiente del canal	0,5%

3 Desbaste

El desbaste se realiza por medio de rejillas (rejas, mallas o cribas), y tiene como objetivo retener y separar los cuerpos voluminosos flotantes y en suspensión, que arrastra consigo el agua residual.

Las rejillas pueden clasificarse, con arreglo a distintos criterios en:

- Horizontales, verticales, inclinadas y curvas.
- Finas, medias y gruesas.
- Fijas o móviles.
- De limpieza manual, automática o semiautomática.

Por razones de mantenimiento y explotación es recomendable evitar la colocación de rejas de limpieza manual. El automatismo del sistema limpiador puede ser regulado:

- Con intervalo de tiempo fijo.
- Con intervalo de tiempo modificado en arreglo al grado de obstrucción de la rejilla.

3.1. Velocidad de paso entre barrotes.

El parámetro de control fundamental en la comprobación de rejillas es la velocidad de paso del agua entre los barrotes.

La velocidad de paso a través de la reja debe ser suficiente para que los sólidos en suspensión se apliquen sobre la reja, sin que se provoque una pérdida de carga demasiado fuerte, ni se produzca un atascamiento en la parte profunda de los barrotes.

La velocidad de paso del agua entre los barrotes es la misma que la velocidad de paso del agua en el canal de entrada, por lo cual tendrá el siguiente valor:

$$v = \frac{Q_{max}}{b \cdot y} = \frac{\frac{387,66}{3600}}{0,3 \cdot 0,3243} = \frac{0,10768}{0,3 \cdot 0,3243} = 1,107 \text{ m/s}$$

3.2. Ancho del canal en la zona de rejillas.

La anchura del canal en la zona de rejillas viene dada por la siguiente expresión:

$$W = \frac{Q_{max}}{v \cdot D} \cdot \left(\frac{a + s}{s} \right) + C_{rej}$$

Siendo:

- W = ancho del canal de rejillas (m)
- Q_{max} = caudal máximo (m^3/s)
- v = velocidad de paso del agua en rejillas (m/s)
- D = nivel aguas arriba de la rejilla a caudal máximo (m)
- a = ancho de barrotes (m)
- s = separación libre entre barrotes (m)
- C_{rej} = coeficiente de seguridad (m), adoptándose los siguientes valores:
 - Rejillas finas: 0,10 m
 - Rejillas gruesas: 0,30 m

Para determinar el valor de D deben conocerse las características hidráulicas del canal de entrada.

Los valores fijados para la separación libre entre barrotes son los siguientes:

- Reja de finos, con paso libre entre barrotes de 6 a 12 mm.
- Reja de gruesos, con paso libre entre barrotes de 20 a 60 mm.

En cuanto a las características de los barrotes estos deben tener unos espesores fijados en los siguientes valores:

- Reja de finos, entre 6 y 12 mm.
- Reja de gruesos, entre 12 a 25 mm.

Fijamos los siguientes valores:

$$\begin{array}{ll} \text{separación libre entre barrotes (m)} & s = 12 \text{ mm} = 0,012 \text{ m} \\ \text{ancho de barrotes (m)} & a = 6 \text{ mm} = 0,006 \text{ m} \end{array}$$

$$W = \frac{Q_{max}}{v \cdot D} \cdot \left(\frac{a + s}{s} \right) + C_{rej} = \frac{0,1077}{1,1068 \cdot 0,3243} \cdot \left(\frac{0,006 + 0,012}{0,012} \right) + 0,1$$

$$W = 0,55 \text{ m}$$

3.3. Cálculo de la pérdida de carga.

Para calcular la pérdida de carga emplearemos la expresión:

$$\Delta h = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Siendo:

- Δh = pérdida de carga (m)
- v = velocidad de paso en el canal (m/s)
- g = aceleración de la gravedad (m²/s)

- Valores de K_1 (atascamiento).
 - Reja limpia.

$$K_1 = 1$$

- Reja atascada.

$$K_1 = \left(\frac{100}{C} \right)^2$$

Siendo C el porcentaje de sección de paso que subsiste en el atascamiento máximo tolerado. Este último, del orden del 60% al 90% está relacionado con el tipo de reja (limpieza manual o mecánica), con las dimensiones de las materias que se retienen y con su naturaleza. Para evitar el arrastre de estas materias debe limitarse la velocidad real de paso por la reja limpia dentro de un valor comprendido entre 0,60 y 1,20 m/s.

Suponemos que el porcentaje de paso que subsiste en el atascamiento máximo tolerado es del 70%.

$$K_1 = \left(\frac{100}{70} \right)^2 = 2,041$$

- Valores de K_2 (forma de la sección horizontal de los barrotes).

Adoptamos como tipo de rejas pletinas simples, por lo cual:

$$K_2 = 1$$

- Valores de K_3 (sección de paso entre barrotes).

separación libre entre barrotes (m)	$s = 0,012 \text{ m}$
ancho de barrotes (m)	$a = 0,006 \text{ m}$
espesor de los barrotes (m)	$z = 5 \cdot a = 0,03 \text{ m}$
altura sumergida de los barrotes vertical u oblicua (m)	$h = 0,3243 \text{ m}$

Con estos valores calculamos las siguientes relaciones:

$$\frac{z}{4} \cdot \left(\frac{2}{s} + \frac{1}{h} \right) = \frac{0,03}{4} \cdot \left(\frac{2}{0,012} + \frac{1}{0,3243} \right) = 1,2731$$

$$\left(\frac{s}{s+a} \right) = \left(\frac{0,012}{0,012+0,006} \right) = 0,6667$$

A partir de estas relaciones, se obtiene:

$$K_3 = 0,782$$

$$\Delta h = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$\Delta h = 2,041 \cdot 1 \cdot 0,782 \cdot \frac{1,1068^2}{2 \cdot 9,8} = 0,09975 \text{ m} = 9,98 \text{ cm}$$

4 Homogeneización.

La homogeneización y regulación de caudales, es una medida que se emplea para superar los problemas que provocan en las instalaciones las excesivas variaciones de caudal y concentraciones de DBO_5 , y así mejorar la efectividad de los procesos de tratamiento situados aguas abajo.

En este caso en particular, el tanque de regulación almacenará agua cuando los mataderos estén en funcionamiento, de manera que la depuradora pueda funcionar todos los días a todas horas sin necesidad de variar el caudal, trabajando a caudal medio constantemente.

Para saber el caudal que entra a la estación depuradora, debe conocerse cuando los mataderos están en funcionamiento, y cuantos animales son sacrificados a la hora en cada uno de los 104 mataderos.

Los mataderos trabajan todos los días excepto los sábados, tal y como indican la siguiente tabla:

Tabla 6. Jornada laboral de los mataderos.

	Lunes - Viernes	Domingo
Primer turno	06 h - 14 h	14 h - 22 h
Segundo turno	14 h - 22 h	22 h - 06 h

Como puede observarse cada turno tiene 8 horas, a continuación se indican la media de los animales sacrificados en cada matadero por cada hora de trabajo en cada uno de los turnos, y a su vez el caudal de entrada al tanque de homogeneización cada hora.

Entendido el caudal por:

$$Q_{entrada} = \text{Número de animales sacrificados en cada matadero} \\ \cdot \text{Número de mataderos} \cdot \text{Consumo de agua por animal}$$

Tabla 7. Caudal de entrada dependiendo de los animales sacrificados en cada matadero.

Animales sacrificados en cada matadero			Caudal de entrada (m^3/h)	
Hora	Primer turno	Segundo turno	Primer turno	Segundo turno
1	5	8	193,830	310,128
2	10	10	387,660	387,660
3	9	9	348,894	348,894
4	10	10	387,660	387,660
5	9	9	348,894	348,894
6	10	10	387,660	387,660
7	9	9	348,894	348,894
8	8	5	310,128	193,830
Caudal máximo (m^3/h)			387,660	

En la tabla anterior puede observarse el valor del caudal máximo que entrará a la planta, por lo cual hasta que el agua llegue al tanque de homogeneización los canales por los que se transporta el agua, deben ser dimensionados con ese caudal.

El volumen necesario que debe tener el tanque de homogeneización se determinará a partir de un gráfico de caudales a tratar, en el que se represente las aportaciones acumuladas a lo largo de la semana y el caudal medio.

El caudal medio extraído es $Q_{medio\ extraído} = 193,83\ m^3/h$, aunque para dimensionar tanto las operaciones posteriores, como los canales posteriores será utilizado $Q_{medio} = 195\ m^3/h$.

Hay que tener en cuenta que en este caso, la primera hora de la semana será el domingo de 14-15 horas, esto es debido a que el depósito quedará totalmente vacío el domingo de 13-14 horas, y habrá caudal constante durante toda la semana sin necesidad de que la planta depuradora deje de funcionar en ningún momento.

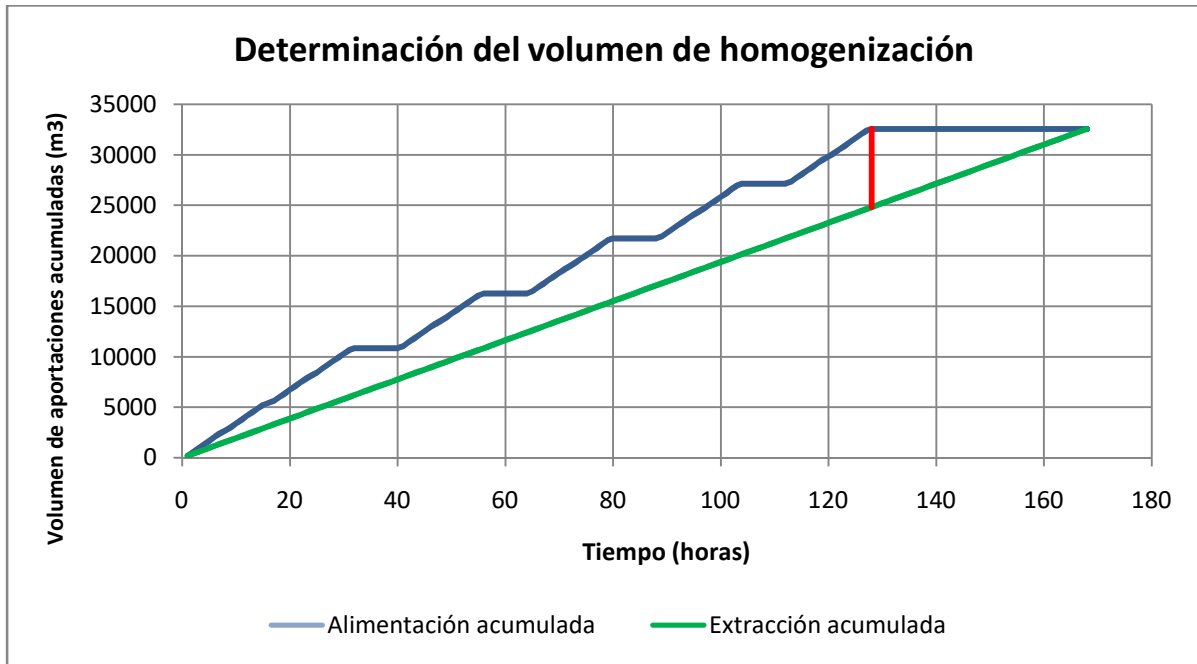


Figura 1. Determinación del volumen de homogeneización.

La línea roja representa la máxima diferencia entre la alimentación acumulada y la extracción acumulada. Una vez conocidos esos datos y teniendo en cuenta que en la práctica el volumen del tanque de homogeneización se calcula incrementando el volumen teórico entre un 10 – 20%, calcularemos el volumen del tanque.

$$V_{teórico} = \text{máximo (alimentación acumulada – extracción acumulada)} + |\text{mínimo (alimentación acumulada – extracción acumulada)}|$$

$$V_{teórico} = (32563,44 - 24810,24) + |0| = 7753,2 \text{ m}^3$$

$$V_{final} = 1,15 \cdot 7753,2 = 8916,18 \text{ m}^3$$

El tanque de homogeneización debe estar provisto, tanto de aireación suficiente para evitar los problemas de olores, como de agitación suficiente para prevenir la sedimentación de sólidos y las variaciones de concentración. La necesidad de aireación es de $9 \text{ L/m}^3 \cdot \text{min}$ según datos bibliográficos.

$$\text{Necesidad de aireación} = 9 \frac{\text{L}}{\text{m}^3 \cdot \text{min}} = 0,54 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3 \cdot \text{min}}$$

$$\text{Necesidad de aireación en el tanque} = 0,54 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3 \cdot \text{h}} \cdot 8916,18 \text{ m}^3 = 4814,74 \frac{\text{m}^3 \text{aire}}{\text{h}}$$

Los difusores de banda ancha y burbuja gruesa seleccionados para satisfacer las necesidades de aireación en el tanque tienen una eficacia de 2,05% por metro de inmersión, por tanto:

$$\text{Caudal de aire necesario} = \frac{4814,74}{\frac{2,05}{100} \cdot 4,5 \text{ m}} = 52192,3 \frac{\text{m}^3 \text{aire}}{\text{h}}$$

A continuación se calcula el número de difusores necesarios teniendo en cuenta que el flujo de aire por difusor es de $50 \text{ m}^3/\text{h}$.

$$N = \frac{\text{Caudal de aire necesario}}{\text{Caudal de aire por difusor}} = \frac{52192,304}{50} \approx 1044$$

Esta aireación se conseguirá gracias a 1044 difusores de banda ancha y burbuja gruesa.

Además, capacidad mínima de agitación de un tanque para que se considere agitado es de $18 \text{ m}^3/\text{min}$ de aire por cada 1000 m^3 de agua, por lo cual serán necesarios como mínimo $9629,5 \text{ m}^3 \text{aire}/\text{h}$ en el tanque. Teniendo en cuenta que cada difusor tiene un caudal de aire de $50 \text{ m}^3/\text{h}$ y que hay 1044 difusores, habrá un caudal total de aire de $52200 \text{ m}^3/\text{h}$, esto hace que no sea necesario instalar un agitador.

$$18 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 1080 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow 1000 \text{ m}^3$$

$$x \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow 8916,18 \text{ m}^3$$

$$x = \frac{8916,18 \cdot 1080}{1000} = 9629,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} < 52200 \frac{\text{m}^3 \text{aire}}{\text{h}}$$

5 Desarenador - Desengrasador.

El volumen de grasa que contiene el agua residual de los mataderos es elevado, por lo cual se instalará un desengrasador. Las grasas generan multitud de problemas a la hora de depurar el agua residual.

El sistema más comúnmente empleado para la eliminación de grasas consta de dos fases:

- A. La emulsión de las grasas mediante aireación, permite su ascenso a la superficie.
- B. Separación de grasas residuales en la balsas de decantación, retirando éstas por medio de rasquetas superficiales.

Debe tenerse en cuenta que en la balsa de decantación, no se separan únicamente las grasas, ya que las partículas en suspensión se depositan en el fondo, debido al mayor peso de las mismas.

Para evitar que se produzcan problemas derivados de las partículas en suspensión, se ha considerado instalar junto con el desengrasador, un desarenador.

El desarenador tiene como función separar los elementos pesados en suspensión (arenas, arcillas, limos), que puede llevar el agua residual debido, por ejemplo, a la limpieza de los animales o de los camiones.

La retirada de estos sólidos se realiza en depósitos donde se remansa el agua, se reduce la velocidad del agua, aumentando la sección de paso. Así, las partículas en suspensión se depositan en el fondo del depósito denominado desarenador.

A continuación, se definirán los diferentes parámetros para poder diseñar el desarenador - desengrasador.

$$\text{Caudal} = 195 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Diámetro de arena a eliminar} > 0,15 \text{ mm}$$

$$\text{Temperatura del agua} = 43,43 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

5.1. Determinación de las velocidades.

Con suficiente aproximación se pueden tomar como base los siguientes datos válidos en sedimentación libre, para partículas de arena de densidad $2,65 \text{ kg/dm}^3$.

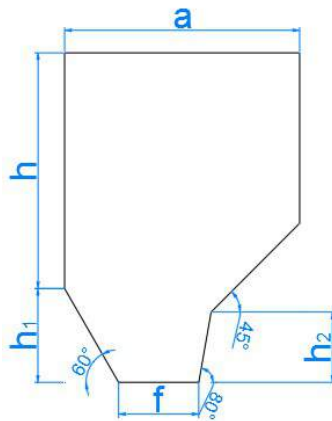
$$\begin{aligned} v_H &= 24,0225 \text{ cm/s} = 0,24 \text{ m/s} \\ v_S &= 1,35 \text{ cm/s} = 0,0135 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Donde:

v_H = Velocidad horizontal crítica de arrastre d la partícula depositada.
 v_S = Velocidad de sedimentación, para un fluido de velocidad horizontal nula.

5.2. Determinación de la sección transversal.

Fijamos una sección transversal tomando las siguientes recomendaciones de proporcionalidad por motivos de explotación y condiciones de pared y formación de finas de corriente.



$$1 < \frac{h}{a} < 5$$

$$0,3 \leq h_1 \leq 0,8 \text{ m}$$

$$0,3 \leq f \leq 0,5 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,75 \cdot h_1$$

Figura 2. Sección transversal del desengrasador-desarenador.

En nuestro caso la sección transversal útil vendrá dada por:

$$Sección transversal = \frac{Q (m^3/s)}{v_H(m/s)} = \frac{0,0542}{0,2402} = 0,2255 m^2$$

Adoptamos la siguiente sección:

$$Sección transversal = a \cdot h = 0,2255 m^2$$

Por lo cual se puede considerar como posible solución:

$$a = 0,45 m$$

$$h = 0,50 m$$

- $\frac{h}{a} = \frac{0,50}{0,45} = 1,11$ por lo cual se cumple la condición marcada.
- $h_1 = 0,35 m$
- $h_2 = 0,75 \cdot h_1 = 0,75 \cdot 0,35 = 0,26 m$
- $f = 0,3 m$

5.3. Determinación de la longitud del desarenador.

El tiempo de sedimentación en reposo vendrá dado por el cociente entre la altura útil del desarenador y la velocidad de caída de la partícula en reposo.

$$t_0 = \frac{h}{v_s} = \frac{0,50 m}{0,0135 m/s} = 37,12 s$$

Se establece el rendimiento a obtener, en función de las consideraciones geométricas, en este caso se supone un rendimiento de un 90%.

También se establecerá un valor n a considerar entre 1 y 8, el cual dependerá de:

- El ángulo de divergencia del canal de llegada.
- El cuidado de los deflectores para el canal de entrada.
- La influencia de las turbulencias generadas por el viento o la temperatura en el tanque.

En este caso en particular se supondrá un valor, $n = 3$.

A partir del rendimiento y el valor de n supuestos, se obtiene gracias a las curvas de Hazen el valor de la tasa de tratamiento (t/t_0).

Se obtiene un valor de $\frac{t}{t_0} = 3,45$.

El tiempo preciso para atravesar el tanque del desarenador por una partícula según las hipótesis hechas será:

$$t = 3,45 \cdot t_0 = 3,45 \cdot 37,12 = 128,059 \text{ s} = 2 \text{ min } 8 \text{ s}$$

La longitud precisa de desarenador será pues:

$$L = t \cdot v_H = 128,05 \cdot 0,24 = 30,732 \text{ m}$$

5.4. Comprobaciones.

- Tiempo de retención.

Se ha fijado anteriormente en $2 \text{ min } 8 \text{ s}$, lo cual no es válido para un desarenador simple puesto que, $2,5 \leq t_R \leq 5 \text{ min}$.

- Velocidad ascensorial a caudal máximo.

$$v_{asc} = \frac{Q}{L \cdot a} = \frac{195 \text{ m}^3/h}{30,732 \text{ m} \cdot 0,45 \text{ m}} = 14,10 \text{ m/h}$$

El valor máximo de la velocidad ascensorial viene determinado según Imhoff, en este caso tiene que ser inferior a 16 m/h por lo cual el valor obtenido es válido.

Optimización del desarenador:

A raíz del diseño inicial realizado podemos observar dos aspectos a mejorar:

- Longitud, la cual es excesiva.
- Tiempo de retención, el cual es inferior a $2,5 \text{ min}$.

Para ello lo que hacemos es aumentar la sección.

Se adopta un valor inferior de la velocidad máxima horizontal, v_H . El nuevo valor, será $v_H = 0,07 \text{ m/s}$.

Con lo que la nueva sección transversal será:

$$Sección transversal = \frac{Q (m^3/s)}{v_H(m/s)} = \frac{0,0542}{0,07} = 0,774 m^2$$

Adoptamos la siguiente sección:

$$h = 0,8797 \cong 0,88 m$$

$$a = 0,8795 \cong 0,88 m$$

$$h_1 = 0,35 m$$

$$h_2 = 0,2625 \cong 0,26 m$$

$$f = 0,3 m$$

Se comprueba que cumple las condiciones marcadas.

El nuevo tiempo de sedimentación en reposo será:

$$t_0 = \frac{h}{v_s} = \frac{0,88 m}{0,0135 m/s} = 65,163 s$$

Y el nuevo tiempo preciso para atravesar el tanque:

$$t = 3,45 \cdot t_0 = 3,45 \cdot 65,163 = 224,812 s = 3 min 45 s$$

Siendo entonces la nueva longitud del desarenador:

$$L = t \cdot v_H = 224,812 \cdot 0,07 = 15,74 m$$

Comprobaciones:

- Tiempo de retención $t = 3 min 45 s$ (Válido).
- Velocidad ascensorial a caudal máximo. (Válido).

$$v_{asc} = \frac{Q}{L \cdot a} = \frac{195 m^3/h}{15,74 m \cdot 0,88 m} = 14,09 m/h$$

5.5. Cálculo de las necesidades de oxigenación.

El caudal de aire necesario según Cedex, es de $5 - 8 \text{ m}^3/\text{h}$ por m^2 de superficie. Por tanto las necesidades de aire son las siguientes:

$$Q_{\text{aire}} = 8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 \cdot \text{Superficie útil}$$

$$Q_{\text{aire}} = 8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 \cdot 0,774 \text{ m}^2 = 6,19 \text{ m}^3/\text{h}$$

Los difusores de banda ancha y burbuja gruesa seleccionados para satisfacer las necesidades de aireación en el tanque tienen una eficacia de 2,05% por metro de inmersión, por tanto:

$$\text{Caudal de aire necesario} = \frac{6,19}{\frac{2,05}{100} \cdot (0,88 + 0,35) \text{ m}} = 245,53 \frac{\text{m}^3 \text{aire}}{\text{h}}$$

A continuación se calcula el número de difusores necesarios teniendo en cuenta que el flujo de aire por difusor es de $15 \text{ m}^3/\text{h}$.

$$N = \frac{\text{Caudal de aire necesario}}{\text{Caudal de aire por difusor}} = \frac{245,533}{15} \approx 17$$

Esta aireación se conseguirá gracias a 17 difusores de banda ancha y burbuja gruesa.

5.6. Extracción de arenas.

En el puente existirá una bomba de succión de arena-agua. Para calcular su capacidad unitaria se utiliza el valor $50 \text{ litros}/\text{m}^3$ de agua residual, según datos bibliográficos aportados por el Cedex.

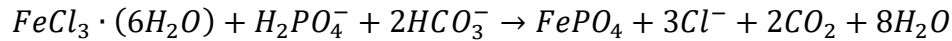
$$Q = 195 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} = 9,75 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cong 10 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

6 Coagulación.

6.1. Cantidad de coagulante

El fósforo puede eliminarse a través de precipitación química, utilizando coagulantes.

El coagulante seleccionado en este caso es el cloruro férrico, por lo que la reacción dominante es la siguiente:



De esta ecuación se deduce gracias a la estequiometría que se necesitan 5,2 gramos de cloruro férrico por gramos de fósforo eliminado. A partir de estos datos estequiométricos calcularemos la dosificación necesaria de cloruro férrico para alcanzar el valor límite de fósforo en el efluente.

El flujo másico de fósforo en el influente es el siguiente:

$$m_{P_o} = Q \cdot P_o = 195 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,075 \text{ kg/m}^3 = 14,625 \text{ kg/h}$$

El flujo másico de fósforo en el efluente tiene que ser como máximo el siguiente:

$$m_{P_e} = Q \cdot P_e = 195 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,015 \text{ kg/m}^3 = 2,925 \text{ kg/h}$$

Por lo cual el flujo másico que debe ser eliminado es el siguiente:

$$m_{P_{eliminar}} = m_{P_o} - m_{P_e} = 14,625 \text{ kg/h} - 2,925 \text{ kg/h} = 11,7 \text{ kg/h}$$

A partir de la estequiometría se sabe que se necesitan 5,2 gramos de cloruro férrico para eliminar 1 gramo de fósforo, por lo cual para eliminar 11,7 kg de fósforo a la hora, serán necesarios 60,84 kg de cloruro férrico cada hora.

$$m_{FeCl_3} = \text{dosificación (kg/m}^3) \cdot Q \text{ (m}^3/\text{h)}$$

$$\text{dosificación} = \frac{m_{FeCl_3}}{Q} = \frac{60,84 \text{ kg/h}}{195 \text{ m}^3/\text{h}} = 0,312 \text{ kg/m}^3 = 312 \text{ ppm}$$

Por tanto, el porcentaje eliminado de fósforo en este proceso será el siguiente:

$$\text{Eliminación fósforo (\%)} = \frac{75 \text{ mg/l} - 15 \text{ mg/l}}{75 \text{ mg/l}} \cdot 100 = 80\%$$

Por lo cual utilizaremos la siguiente cantidad de coagulante:

Cantidad de coagulante 312 ppm

6.2. Tanque de preparación del coagulador.

Para calcular los parámetros de diseño del tanque de preparación del coagulador, se parte de los siguientes parámetros:

Reactivo	<i>Cloruro férrico</i>
Cantidad utilizada	312 ppm
Concentración	(37% – 47%) → 42%
Dosificación	$312 \text{ ppm} = 312 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 0,312 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

La utilización de cloruro férrico se ha convertido en una opción interesante para lograr estos objetivos:

- Satisfacer los parámetros cada vez más estrictos por la legislación.
- Controlar, y reducir los costes.

Además, el cloruro férrico trabaja amplio grado de *pH*, de 4,5 a 12.

$$m_{\text{FeCl}_3} = \text{dosificación (kg/m}^3) \cdot Q_{\text{medio}} (\text{m}^3/\text{h}) = 0,312 \cdot 195 = 60,84 \text{ kg/h}$$

Puesto que el reactivo se encuentra al 42%:

$$Q_{\text{reactivo}} = m_{\text{FeCl}_3} (\text{kg/h}) \cdot \frac{100 \text{ l disolución}}{42 \text{ kg soluto}} = 60,84 \cdot \frac{100}{42} = 144,857 \text{ l/h}$$

El volumen se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Volumen (m}^3) = \frac{Q_{\text{reactivo}} (\text{l/h}) \cdot t_R (\text{h})}{1000 (\text{l/m}^3)}$$

En la planta de tratamiento se debe disponer de una autonomía de uso de reactivos de entre 15 y 20 *días*, sin embargo en los dispositivos de preparación se debe disponer de una capacidad de solución de trabajo que permita un mínimo de 24 a 48 *horas*.

$$\text{Volumen (m}^3) = \frac{144,857 \cdot 48}{1000} = 6,95 \text{ m}^3$$

Según las consideraciones técnicas que se han tenido en cuenta se sobredimensionara el tanque un 15%.

$$\text{Volumen final (m}^3) = 1,15 \cdot 6,953 = 7,996 \text{ m}^3 \cong 8 \text{ m}^3$$

$$\text{Diametro} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{\text{final}}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 8}{\pi}} = 2,17 \text{ m}$$

$$Altura = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{final}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 8}{\pi}} = 2,17 \text{ m}$$

La altura será incrementada 50 cm para evitar posibles salpicaduras.

$$Altura = 2,17 + 0,5 = 2,67 \text{ m}$$

Para dosificar el reactivo hará falta poner una bomba.

$$Q_{reactivo} = Q_{bomba} = 144,857 \text{ l/h}$$

6.3. Tanque del coagulador.

El volumen se calculará de la siguiente manera, teniendo en cuenta que el tiempo de residencia en el tanque debe ser de 3 minutos para que se produzca una buena desestabilización de los coloides.

$$Volumen (m^3) = Q_{Total}(m^3/h) \cdot t_R(min) \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = \frac{(195+0,14485) \cdot 3}{60} = 9,76 \text{ m}^3$$

El volumen debe sobredimensionarse un 20%, por lo tanto el volumen del tanque de coagulación es el siguiente:

$$Volumen \text{ final} = 1,20 \cdot 9,75 = 11,71 \text{ m}^3$$

$$Diametro = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{final}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 11,71}{\pi}} = 2,46 \text{ m}$$

$$Altura = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{final}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 11,71}{\pi}} = 2,46 \text{ m}$$

La altura será incrementada 50 cm para evitar posibles salpicaduras, que se pueden producir con la agitación vigorosa.

$$Altura = 2,46 + 0,5 = 2,96 \text{ m}$$

6.4. Dimensiones del agitador.

Para determinar las dimensiones del agitador es necesario utilizar las semejanzas geométricas estandarizadas. A continuación se presentan las semejanzas geométricas de un sistema de agitación del tipo turbina.

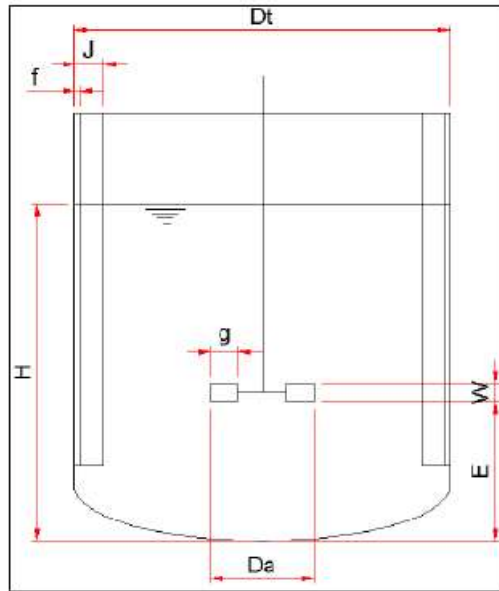


Figura 3. Semejanzas geométricas de un sistema de agitación del tipo turbina.

$$\begin{array}{lll}
 H/D_t = 1 & D_a/D_t = 0,33 & E/D_t = 0,33 \\
 W/D_a = 0,2 & g/D_a = 0,25 & J/D_t = 0,1 \\
 f/D_t = 0,02 & &
 \end{array}$$

Considerando los datos de entrada con respecto a las dimensiones del tanque se consiguen obtener las dimensiones generales del agitador.

$$\begin{array}{lll}
 H = D_t = 2,5 \text{ m} & D_a = 0,825 \text{ m} & E = 0,825 \text{ m} \\
 W = 0,165 \text{ m} & g = 0,20625 \text{ m} & J = 0,25 \text{ m} \\
 f = 0,05 \text{ m} & &
 \end{array}$$

Para que el proceso de agitación sea eficaz, el volumen del líquido agitado debe ser capaz de llegar a las partes más lejanas del tanque, donde el movimiento del fluido puede llegar a determinar la eficacia de la operación.

Para caracterizar el movimiento de un fluido utilizamos el número de Reynolds:

$$Re = \frac{N \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu}$$

Donde:

- N = velocidad de agitación (rpm)
- d = diámetro del agitador (m)
- ρ = densidad del fluido (kg/m^3)
- μ = viscosidad del fluido ($kg/m \cdot s$)

$$Re = \frac{\frac{200}{60} \cdot 0,825^2 \cdot 1000}{0,001} = 2,269 \cdot 10^6$$

La velocidad de agitación se ha determinado a partir del libro "Tratamiento físico-químico de aguas residuales. Coagulación - Floculación. Aguilar; M.I., Sáez, J., Llorens M., Soler, A., Ortuño, J.F."

En tanques con placas deflectoras y para números de Reynolds superiores a 10000, la función de potencia es independiente de Reynolds y la viscosidad deja de ser un factor. En este intervalo el flujo es completamente turbulento y la potencia puede ser calculada como:

$$P = N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot D_a^5$$

Siendo N_p , el número de potencia, el cual es proporcional a la relación entre la fuerza de rozamiento que actúa sobre una unidad de área del impulsor y la fuerza de inercia. En este caso se considerará $N_p = 7$. Por lo cual:

$$P = 7 \cdot 1000 \cdot \left(\frac{200}{60}\right)^3 \cdot 0,825^5 = 99,08 \text{ kW}$$

7 Floculación.

7.1. Tanque de preparación del floculador.

Para calcular los parámetros de diseño del tanque de preparación del floculador, se parte de los siguientes parámetros:

Reactivo	<i>Polielectrolito</i>
Cantidad utilizada	300ppm
Concentración	80 %
Dosificación	$300 \text{ ppm} = 300 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 0,300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

El flujo másico del polielectrolito en el tanque debe ser es el siguiente:

$$m = \text{dosificación} (\text{kg}/\text{m}^3) \cdot Q_{\text{medio}} (\text{m}^3/\text{h}) = 0,300 \cdot 195 = 58,5 \text{ kg/h}$$

Puesto que el reactivo se encuentra al 80%:

$$Q_{\text{reactivo}} = m (\text{kg/h}) \cdot \frac{100 \text{ l disolución}}{80 \text{ kg soluto}} = 58,5 \cdot \frac{100}{80} = 73,125 \text{ l/h}$$

El volumen se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Volumen} (\text{m}^3) = \frac{Q_{\text{reactivo}} (\text{l/h}) \cdot t_R (\text{h})}{1000 (\text{l}/\text{m}^3)}$$

En la planta de tratamiento se debe disponer de una autonomía de uso de reactivos de entre 15 y 20 días, sin embargo en los dispositivos de preparación se debe disponer de una capacidad de solución de trabajo que permita un mínimo de 24 a 48 horas.

$$\text{Volumen} (\text{m}^3) = \frac{73,125 \cdot 48}{1000} = 3,51 \text{ m}^3$$

Según las consideraciones técnicas que se han tenido en cuenta se sobredimensionara el tanque un 15%.

$$\text{Volumen final} (\text{m}^3) = 1,15 \cdot 3,51 = 4,0365 \text{ m}^3 \cong 4 \text{ m}^3$$

$$\text{Diametro} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{\text{final}}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 4}{\pi}} = 1,72 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{\text{final}}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 4}{\pi}} = 1,72 \text{ m}$$

La altura será incrementada 50 *cm* para evitar posibles salpicaduras.

$$Altura = 1,72 + 0,5 = 2,22 \text{ m}$$

Para dosificar el reactivo hará falta poner una bomba.

$$Q_{reactivo} = Q_{bomba} = 73,125 \text{ l/h}$$

7.2. Tanque del coagulador.

El volumen se calculará de la siguiente manera, teniendo en cuenta que el tiempo de residencia en el tanque debe ser de 30 minutos para que se produzca una agregación de las partículas desestabilizadas.

$$\begin{aligned} Volumen (m^3) &= Q_{Total}(m^3/h) \cdot t_R(min) \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = \frac{(195 + 0,073125) \cdot 30}{60} \\ &= 97,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Será sobredimensionado un 20%, por lo tanto el volumen final del floculador es el siguiente:

$$Volumen \text{ final} = 1,20 \cdot 9,75 = 117,0 \text{ m}^3$$

Obteniendo el siguiente diámetro:

$$Diametro = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{final}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 117,0}{\pi}} = 5,30 \text{ m}$$

Al obtener un diámetro tan elevado se decide crear un tanque cúbico.

$$Lado = \sqrt[3]{V_{final}} = \sqrt[3]{117} = 4,89 \text{ m}$$

La altura tiene el mismo valor que el lado, sin embargo la altura será incrementada 50 *cm* para evitar posibles salpicaduras.

$$Altura = 4,891 + 0,5 = 5,39 \text{ m}$$

El floculador dispone de agitación mecánica, es importante disponer de un variador de velocidad en el proceso de floculación con el fin de ajustar la velocidad según el tipo de flóculo formado.

7.3. Dimensiones del agitador.

Para determinar las dimensiones del agitador es necesario utilizar las semejanzas geométricas estandarizadas. A continuación se presentan las semejanzas geométricas de un sistema de agitación del tipo turbina.

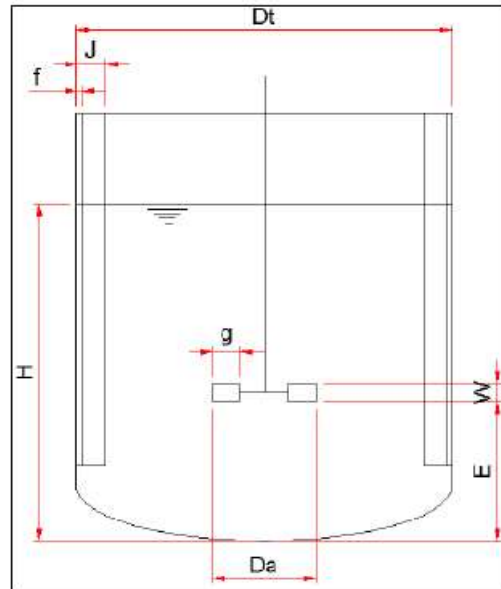


Figura 4. Semejanzas geométricas de un sistema de agitación del tipo turbina.

$$\begin{array}{lll}
 H/D_t = 1 & D_a/D_t = 0,33 & E/D_t = 0,33 \\
 W/D_a = 0,2 & g/D_a = 0,25 & J/D_t = 0,1 \\
 f/D_t = 0,02 & &
 \end{array}$$

Considerando los datos de entrada con respecto a las dimensiones del tanque se consiguen obtener las dimensiones generales del agitador.

$$\begin{array}{lll}
 H = D_t = 5,31 \text{ m} & D_a = 1,7523 \text{ m} & E = 1,7523 \text{ m} \\
 W = 0,35046 \text{ m} & g = 0,4381 \text{ m} & J = 0,531 \text{ m} \\
 f = 0,1062 \text{ m} & &
 \end{array}$$

Para que el proceso de agitación sea eficaz, el volumen del líquido agitado debe ser capaz de llegar a las partes más lejanas del tanque, donde el movimiento del fluido puede llegar a determinar la eficacia de la operación.

Para caracterizar el movimiento de un fluido utilizamos el número de Reynolds:

$$Re = \frac{N \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu}$$

Donde:

$$\begin{aligned} N &= \text{velocidad de agitación (rpm)} \\ d &= \text{diámetro del agitador (m)} \\ \rho &= \text{densidad del fluido (kg/m}^3\text{)} \\ \mu &= \text{viscosidad del fluido (kg/m} \cdot \text{s)} \end{aligned}$$

$$Re = \frac{\frac{70}{60} \cdot 1,7523^2 \cdot 1000}{0,001} = 3,58 \cdot 10^6$$

La velocidad de agitación se ha determinado a partir del libro "Tratamiento físico-químico de aguas residuales. Coagulación - Floculación. Aguilar; M.I., Sáez, J., Llorens M., Soler, A., Ortuño, J.F."

En tanques con placas deflectoras y para números de Reynolds superiores a 10000, la función de potencia es independiente de Reynolds y la viscosidad deja de ser un factor. En este intervalo el flujo es completamente turbulento y la potencia puede ser calculada como:

$$P = N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot D_a^5$$

Siendo N_p , el número de potencia, el cual es proporcional a la relación entre la fuerza de rozamiento que actúa sobre una unidad de área del impulsor y la fuerza de inercia. En este caso se considerará $N_p = 7$. Por lo cual:

$$P = 7 \cdot 1000 \cdot \left(\frac{70}{60}\right)^3 \cdot 1,7523^5 = 183,65 \text{ kW}$$

8 Decantación Primaria.

El objetivo fundamental de la decantación primaria es la eliminación de los sólidos sedimentables. La mayor parte de las sustancias en suspensión en las aguas residuales no pueden retenerse, por razón de su finura o densidad, en las rejillas, desarenadores y cámaras de grasa, ni tampoco pueden separarse mediante flotación por ser más pesadas que el agua.

8.1. Velocidad ascensional.

Se define como el cociente entre el caudal a tratar y la superficie de decantación:

$$v_{asc} = \frac{Q}{S}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} v_{asc} &= \text{velocidad ascensional (m/h)} \\ Q &= \text{caudal a tratar (m}^3\text{/h)} \\ S &= \text{superficie de decantación (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

El valor de la velocidad ascensional ha sido obtenido del *Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales*, de Aurelio Hernández Lehmann.

$$v_{asc}(Q_{medio}) = 1,50 \text{ m/h}$$

Teniendo en cuenta que será un decantador circular.

$$S = \frac{Q_{medio}}{v_{asc}} = \frac{195 \text{ m}^3\text{/h}}{1,50 \text{ m/h}} = 130 \text{ m}^2$$

8.2. Tiempo de retención.

Se define como el cociente entre el volumen del tanque de decantación y el caudal a tratar.

$$t_R = \frac{V}{Q}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} V &= \text{volumen de decantación (m}^3\text{)} \\ Q &= \text{caudal a tratar (m}^3\text{/h)} \\ t_R &= \text{tiempo de retención (h)} \end{aligned}$$

El valor del tiempo de retención ha sido obtenido del *Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales*, de Aurelio Hernández Lehmann.

$$t_R (Q_{medio}) = 2,00 \text{ h}$$

Por lo cual el volumen teórico según el tiempo de retención a caudal medio será:

$$V = t_R \cdot Q_{medio} = 2 \cdot 195 = 390 \text{ m}^3$$

8.3. Relaciones dimensionales

En decantadores circulares de flujo vertical.

Siendo:

h = altura del decantador (m)

ϕ = diámetro del decantador (m)

$$\phi = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{130 \cdot 4}{\pi}} = 12,87 \text{ m}$$

$$h = \frac{V}{S} = \frac{390}{130} = 3 \text{ m}$$

8.4. Dimensiones de la zona de entrada.

En decantadores circulares de flujo vertical.

Siendo:

h_1 = altura del cilindro central desde el borde superior del decantador (m)

ϕ_1 = diámetro del cilindro central de entrada (m)

h = altura del decantador (m)

ϕ = diámetro del decantador (m)

Pueden tomarse las siguientes relaciones según el *Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales*, de Aurelio Hernández Lehmann.

$$\frac{\phi_1}{\phi} = 0,1$$

$$\frac{h_1}{h} = 0,4$$

Para la altura en la zona de reparto se considera una pendiente en la solera del 2% al 8%, en este caso en particular se utilizará un valor del 5%.

$$h' = h + \frac{5}{100} \cdot \left(\frac{\phi}{2}\right) = 3 + 0,05 \cdot \left(\frac{12,87}{2}\right) = 3 + 0,32165 = 3,32 \text{ m}$$

La altura sumergida en la chapa deflectora, se calcula adoptando las expresiones anteriores.

$$h_1 = 0,4 \cdot h = 0,4 \cdot 3,32 = 1,33 \text{ m}$$

El diámetro de la chapa deflectora, se calcula adoptando las expresiones anteriores.

$$\phi_1 = 0,1 \cdot \phi = 0,1 \cdot 12,87 = 1,29 \text{ m}$$

8.5. Longitud del vertedero de salida.

Se define como carga sobre vertedero al cociente entre el caudal a tratar y la longitud de vertedero.

$$V_{vert} = \frac{Q}{L}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} L &= \text{longitud necesaria de vertedero (m)} \\ Q &= \text{caudal a tratar (m}^3/\text{h)} \\ V_{vert} &= \text{carga sobre vertedero (m}^3/\text{h/m)} \end{aligned}$$

El valor máximo de la carga sobre vertedero ha sido obtenido del *Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales*, de Aurelio Hernández Lehmann.

$$V_{vert \text{ máxima}} = 9,5 \text{ m}^3/\text{h/m}$$

La longitud necesaria de vertedero se calcula de la siguiente manera:

$$L_{vertedero} = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 6,433 = 40,42 \text{ m}$$

Por lo cual, la carga sobre vertedero tiene el siguiente valor:

$$V_{vert} = \frac{Q}{L} = \frac{195}{40,42} = 4,824 \text{ m}^3/h/m$$

Es un valor aceptable puesto que $V_{vert} < V_{vert \text{ máxima}}$.

8.6. Barrederas de fangos.

Siendo:

v_r = *velocidad lineal de las barrederas de fondo en decantadores (m/min)*

Puede tomarse como valor típico de la velocidad de barrederas de fangos,

$$v_r = 0,6 \text{ m/min}$$

Las inclinaciones de los fondos para dichas rasquetas suelen ser en decantadores circulares del 2% al 8%, en este caso en particular se utilizará un valor del 5%.

8.7. Caudales de fangos producidos.

Se ha fijado un rendimiento de eliminación de sólidos en suspensión del 57,5%, por tanto, la cantidad de fangos producidos será:

$$Q_f = \eta_{eliminación} \cdot Q \cdot \frac{Carga}{10000} \cdot C$$

$$Q_f = 0,575 \cdot 195 \cdot \frac{1200}{10000} \cdot 5 = 67,275 \frac{\text{m}^3}{h}$$

Siendo:

Q_f	=	caudal medio de fangos producidos (m^3/h)
Q	=	caudal a tratar (m^3/h)
$\eta_{eliminación}$	=	rendimiento de la reducción de sólidos en suspensión
$Carga$	=	concentración de sólidos en suspensión en el agua bruta (mg/l)
C	=	concentración de fangos en la salida de purga del decantador (%)

Como valores usuales de la concentración de fangos en la salida de purga del decantador, puede tomarse según el *Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales*, de Aurelio Hernández Lehmann:

Tabla 8. Valores usuales de la concentración de fangos.

Fangos primarios	Valor mínimo	Valor típico	Valor máximo
Decantadores de succión	1	1,5	2
Decantadores de pocetas	3	5	6

8.8. Pocetas de fangos.

El volumen necesario de la o las pocetas necesarias vendrá dado por la expresión:

$$V = Q_f \cdot t_R$$

$$V = 67,275 \cdot 0,5 = 33,64 \text{ m}^3$$

Siendo:

- V = volumen de poceta o pocetas (m^3)
- Q_f = caudal medio de fangos producidos (m^3/h)
- t_R = tiempo de retención del fango en pocetas (h)

El valor del tiempo de retención se ha tomado a partir de información bibliográfica.

9 Tratamiento biológico.

9.1. Volumen del tanque

El volumen del tanque de aireación se determina a partir de la carga másica y de la concentración de sólidos del licor mezcla, de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$V = \frac{DBO_5 \cdot Q}{SSVLM \cdot C_m}$$

Siendo:

- V = volumen del reactor (m^3)
- DBO_5 = concentración de DBO_5 en el influente ($kg\ DBO_5/m^3$)
- Q = caudal de agua a tratar (m^3/d)
- $SSVLM$ = concentración de sólidos del licor mezcla en el reactor ($kg\ SSVLM/m^3$)
- C_m = carga másica ($kg\ DBO_5/kg\ SSVLM \cdot d$)

La DBO_5 a la entrada del tratamiento será:

$$DBO_{5\text{entrada}} = 2421,25 \frac{mg\ DBO_5}{l} = 2,42 \frac{kg\ DBO_5}{m^3}$$

Conociendo la DBO_5 de entrada y sabiendo que la concentración de DBO_5 a la salida tiene que ser como máximo el valor límite permitido, se calcula el rendimiento mínimo del proceso.

$$DBO_{5\text{salida}} = 500 \frac{mg\ DBO_5}{l} = 0,5 \frac{kg\ DBO_5}{m^3}$$

$$\eta_{\text{mínimo}} = \frac{DBO_{5\text{entrada}} - DBO_{5\text{salida}}}{DBO_{5\text{entrada}}} \cdot 100 = \frac{2,42125 - 0,5}{2,42125} \cdot 100 = 79,35\%$$

A partir del rendimiento, se puede obtener la carga máxima, sin embargo el rendimiento es demasiado bajo, ya que se debe llevar a cabo un proceso de nitrificación - desnitrificación, necesario para cumplir los valores límites de vertido, referidos al nitrógeno.

Para ello se fija una carga másica obtenida de la siguiente tabla de parámetros.

Tabla 9. Carga másica dependiendo del tipo de proceso.

Tipo de Proceso de Cultivo en Suspensión	Carga Másica (kg DBO₅/kg SSVLM)
Fangos Activos Convencional	0,2 – 0,6
Contacto Estabilización	0,2 – 0,5
Desnitrificación - Nitrificación	0,2 – 0,6
Canal de Oxidación Orbal	0,05 – 0,30
Aireación prolongada	0,05 – 0,15

El valor fijado para la carga másica será el siguiente:

$$C_m = 0,3 \text{ kg DBO}_5/\text{kg SSVLM} \cdot d$$

Una vez determinada la carga másica se puede obtener el rendimiento mediante una tabla que reacciona ambos parámetros.

Tabla 10. Valores de C_m en función del rendimiento del proceso.

Rendimiento del proceso (%)	C_m (kg DBO₅/kg SSVLM · d)
87	0,5
88	0,4
90	0,3
92	0,2
93	0,1
94	0,05

La concentración de sólidos del licor mezcla se puede determinar a partir de los parámetros de diseño aportados por la siguiente tabla.

Tabla 11. Valor de la concentración de sólidos del licor mezcla en función del tipo de proceso.

	Proceso Convencional	Aireación prolongada
Carga másica (kg DBO₅/kg SSVLM · d)	0,2 – 0,4	< 0,07
Tiempo de retención celular (días)	3 – 7	20 – 30
Concentración SSVLM (g SSVLM/l)	2,5 – 3,5	3,0 – 4,5
Tiempo de retención hidráulica (horas)	3 – 8	20 – 36
Demanda teórica de oxígeno (kg O₂/kg DBO₅eliminado)	0,8 – 1,0	2,0 – 2,4
Velocidad horizontal en canal (m/s)	0,25 – 0,35	0,25 – 0,35

A partir de los parámetros anteriores se ha fijado la siguiente concentración de sólidos del licor mezcla.

$$SSVLM = 3 \text{ g SSVLM/l} = 3 \text{ kg SSVLM/m}^3$$

Por lo cual sustituyendo los valores anteriores en la ecuación se obtiene el siguiente volumen:

$$V = \frac{2,42125 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3 \cdot 195 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24 \text{ h/día}}{3 \text{ kg SSVLM/m}^3 \cdot 0,3 \text{ kg DBO}_5/\text{kg SSVLM} \cdot \text{día}} = 12590,5 \text{ m}^3$$

La zona anóxica, prevista para la desnitrificación, deberá constar como mínimo de un 20 % del volumen total, y un máximo de un 50 % del volumen total. Debido a los altos niveles de nitrógeno se ha determinado utilizar el máximo volumen posible, por lo cual:

$$V_{\text{reactor anóxico}} = 0,5 \cdot V_{\text{total}} = 0,5 \cdot 12590,5 = 6295,25 \text{ m}^3$$

Por lo cual, la zona aerobia, prevista para la nitrificación, será:

$$V_{\text{reactor aerobio}} = 0,5 \cdot V_{\text{total}} = 0,5 \cdot 12590,5 = 6295,25 \text{ m}^3$$

9.2. Tiempo de residencia.

Partiendo del volumen obtenido para cada reactor, se puede calcular el tiempo de residencia hidráulico a partir de la siguiente ecuación.

$$t_r = \frac{V}{Q}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} t_r &= \text{tiempo de residencia hidráulico (h)} \\ V &= \text{volumen del reactor (m}^3\text{)} \\ Q &= \text{caudal de agua a tratar (m}^3\text{/h)} \end{aligned}$$

$$t_{r \text{ reactor anóxico}} = \frac{6295,25 \text{ m}^3}{195 \text{ m}^3/\text{h}} = 32,28 \text{ h}$$

$$t_{r \text{ reactor aerobio}} = \frac{6295,25 \text{ m}^3}{195 \text{ m}^3/\text{h}} = 32,28 \text{ h}$$

El tiempo de residencia hidráulico es diferente al tiempo de residencia celular en el proceso de fangos activos, gracias a la recirculación de biomasa al reactor, lo cual implica que los microorganismos permanezcan mayor tiempo en el sistema.

$$\theta_c > t_r$$

Siendo:

$$\begin{aligned}\theta_c &= \text{tiempo de residencia celular (h)} \\ t_r &= \text{tiempo de residencia hidráulico (h)}\end{aligned}$$

9.3. Producción de fangos en exceso

La cantidad de fangos a purgar, puede determinarse a partir de fórmulas empíricas, en este caso se utilizará la formula de Huiskens.

$$P_e = 1,2 \cdot C_m^{0,23} + 0,5 \cdot (B - 0,6)$$

Donde:

$$\begin{aligned}P_e &= \text{producción específica de fangos (kg ST/kg DBO}_{5\text{eliminado}} \text{)} \\ C_m &= \text{carga másica} \\ B &= \text{relación SS/DBO}_5 \text{ en el influente}\end{aligned}$$

Sustituyendo valores en la ecuación, se obtiene.

$$P_e = 1,2 \cdot 0,3^{0,23} + 0,5 \cdot \left(\frac{0,510}{2,42125} - 0,6 \right) = 0,72 \frac{\text{kg ST}}{\text{kg DBO}_{5\text{eliminado}}}$$

Con este valor, puede calcularse los fangos a purgar.

Fangos a purgar

$$\begin{aligned}&= 0,71506 \frac{\text{kg ST}}{\text{kg DBO}_{5\text{eliminado}}} \cdot \left(2,42125 \cdot \frac{90}{100} \right) \frac{\text{kg DBO}_{5\text{eliminado}}}{\text{m}^3} \\ &\cdot 195 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = 7292,4 \text{ kg ST/día}\end{aligned}$$

El volumen de fangos a purgar puede obtenerse a partir de los sólidos a purgar y la concentración de los mismos, que varía entre 0,8 y 0,6 %, dependiendo del proceso utilizado. En este caso, se utilizará como valor 0,6 %.

$$Q_{purga} = \frac{\text{Fangos a purgar}}{X_n}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} Q_{purga} &= \text{caudal de purga (m}^3/\text{h)} \\ \text{Fangos a purgar} &= \text{fangos a purgar (kg/h)} \\ X_n &= \text{concentración de purga (kg/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$Q_{purga} = \frac{7292,4 \text{ kg/d}}{6 \text{ kg/m}^3} \cdot \frac{1 \text{ d}}{24 \text{ h}} = 50,64 \text{ m}^3/\text{h}$$

9.4. Recirculación de fangos

El caudal de recirculación puede obtenerse a partir de un balance de materia en el decantador.

$$(Q_R + Q) \cdot X = Q_R \cdot X_R$$

Siendo:

$$\begin{aligned} Q &= \text{caudal influente (m}^3/\text{h)} \\ Q_R &= \text{caudal recirculación (m}^3/\text{h)} \\ X &= \text{concentración de SSVLM en el reactor (kg/m}^3\text{)} \\ X_R &= \text{concentración de SSVLM en la recirculación (kg/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$Q_R \cdot X + Q \cdot X = Q_R \cdot X_R$$

$$Q \cdot X = Q_R \cdot (X_R - X)$$

$$Q_R = \frac{Q \cdot X}{(X_R - X)} = \frac{195 \cdot 3}{(6 - 3)} = 195 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por lo cual, se obtiene una recirculación del 100%.

9.5. Edad del fango

Es la relación entre la masa de fangos existentes en el reactor y la masa de fangos extraídos por unidad de tiempo.

$$\theta_c = \frac{V \cdot SSVLM}{((Q_{purga} \cdot SSV_{purga}) + (Q_{efluente} \cdot SS_{efluente}))}$$

Siendo:

θ_c	=	edad del fango (d)
V	=	volumen del reactor (m^3)
$SSVLM$	=	concentración de SSVLM en el reactor (kg/m^3)
Q_{purga}	=	caudal de purga (m^3/h)
SSV_{purga}	=	concentración de SSV en la purga (kg/m^3)
$Q_{efluente}$	=	caudal del efluente (m^3/h)
$SS_{efluente}$	=	concentración de SSV en el efluente (kg/m^3)

$$\theta_c = \frac{12590,5 m^3 \cdot 3 kg/m^3}{((50,6412 m^3/h \cdot 24 h/d \cdot 6 kg/m^3) + (Q_{efluente} \cdot 0 kg/m^3))} = 5,18 \text{ días}$$

9.6. Necesidad de oxígeno

La necesidad de oxígeno en este caso, será el oxígeno necesario para la oxidación de la materia carbonosa y el oxígeno necesario para la nitrificación - desnitrificación.

Para transformar la contaminación orgánica del agua residual en fango activo (biomasa) los microorganismos necesitan oxígeno. Una parte de la materia orgánica se oxida y suministra la energía necesaria para la síntesis celular. Este consumo se denomina respiración del sustrato. Además una parte de la materia celular formada se oxida. El consumo de oxígeno correspondiente se llama respiración endógena.

La suma de la respiración del sustrato y de la endógena se denomina respiración del carbono. Por tanto la necesidad de oxígeno puede también expresarse por medio de la siguiente fórmula binómica:

$$O.N._C = A \cdot DBO_5 + B \cdot SSVLM$$

Siendo:

$$\begin{aligned} O.N._C &= \text{necesidad de oxígeno para la oxidación de la materia carbonosa} \\ &\quad (kg \text{ } O_2/d) \\ DBO_5 &= \text{cantidad de } DBO_5 \text{ eliminada } (kg \text{ } DBO_5/d) \\ SSVLM &= \text{cantidad de SSVLM en el reactor biológico } (kg \text{ } SSVLM) \end{aligned}$$

Los coeficientes A y B varían de un autor a otro. Otra forma más exacta de hacer el cálculo será a partir de formulas que tengan en cuenta la edad del fango.

$$O.N._C = a' \cdot DBO_{5 \text{ eliminado}} + b' \cdot DBO_{5 \text{ eliminado}}$$

El primer término de la ecuación, es lo que se conoce como necesidades de oxígeno para la síntesis, siendo la síntesis el proceso por el cual la materia orgánica del agua (representada por la DBO_5) se asimila y transforma, en parte, en materia viva.

El consumo de oxígeno en energía en este proceso es:

$$a' = 0,62 \text{ kg } O_2/kg \text{ } DBO_5$$

Pero este valor supone que la totalidad de la contaminación, debida a partículas o coloides absorbidas sobre la membrana celular, sea más tarde solubilizada y metabolizada, no quedando materia orgánica almacenada en la membrana celular.

No obstante, este punto sólo se cumple con edades de fangos suficientemente altas, del orden de 12 días o más, y este no es el caso.

En periodos de alta carga, la membrana celular almacena materias orgánicas de partículas o coloides sin haberse metabolizado, es decir, sin consumo de oxígeno. Así es posible, disminuir las necesidades diarias de oxígeno, del orden de un 20% como máximo. Esto sólo se logra con cargas muy altas, es decir para edades del fango de un día o menos. Sin embargo, esta economía va disminuyendo al aumentar la edad del fango, y desaparece a los 12 días. Se puede admitir un decrecimiento lineal, con relación a la edad del fango (θ_c) y establecer la siguiente ecuación:

$$a' = 0,50 + 0,01 \cdot \theta_c$$

$$a' = 0,50 + 0,01 \cdot 5,17962 = 0,552 \text{ kg } O_2/\text{kg } DBO_5$$

Por lo cual el primer término, la necesidad de oxígeno para la síntesis, tendrá el siguiente valor.

$$O.N.S. (\text{Oxígeno necesario para la síntesis}) = a' \cdot DBO_5 \text{ eliminado}$$

$$O.N.S. = 0,5518 \text{ kg } O_2/\text{kg } DBO_5 \cdot (2,42125 \cdot 0,9) \text{ kg } DBO_5 / \text{m}^3 \cdot 195 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24 \text{ h/d}$$

$$O.N.S. = 5627,425 \text{ kg } O_2/\text{d}$$

El segundo término de la ecuación, es lo que se denomina respiración endógena o endogénesis que consiste en la oxidación de la masa activa degradable.

Las necesidades de oxígeno para la endogénesis (en gramos) y para 1 g de DBO_5 puede calcularse mediante la expresión:

$$b' = \frac{0,13 \cdot \theta_c}{(1 + 0,16 \cdot \theta_c)} = \frac{0,13 \cdot 5,17962}{(1 + 0,16 \cdot 5,17962)} = 0,37 \text{ kg } O_2/\text{kg } DBO_5$$

Por lo cual el segundo término, la necesidad de oxígeno para la endogénesis, tendrá el siguiente valor.

$$O.N.E. (\text{Oxígeno necesario para la endogénesis}) = b' \cdot DBO_5 \text{ eliminado}$$

$$O.N.E. = 0,36825 \text{ kg } O_2/\text{kg } DBO_5 \cdot (2,42125 \cdot 0,9) \text{ kg } DBO_5 / \text{m}^3 \cdot 195 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24 \text{ h/d}$$

$$O.N.E. = 3755,53 \text{ kg } O_2/\text{d}$$

Por lo cual:

$$O.N._c = O.N.S. + O.N.E. = 5627,4247 \text{ kg } O_2/\text{d} + 3755,52582 \text{ kg } O_2/\text{d}$$

$$O.N._c = 9382,951 \text{ kg } O_2/\text{d}$$

Para calcular la necesidad de oxígeno para la nitrificación - desnitrificación, será necesario calcular la carga de nitrógeno a nitrificar.

A. Carga de nitrógeno a nitrificar.

$$\text{Influyente al reactor biológico} = 0,5088 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 195 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} = 2380,95 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

De esto suponemos:

$$2,5\% \text{ es } N_{\text{orgánico}} = 59,524 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

$$97,5\% \text{ es } N - NH_4^+ = 2321,4263 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

A deducir:

$$\begin{aligned} N_{\text{orgánico}} \text{ en la salida (estimado en } 1 \text{ mg/l)} &= \frac{1}{1000} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 195 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \\ &= 4,68 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N \text{ en F.exceso (estimado, } 5\% \text{ de } DBO_5) &= 2,4213 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 195 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot \frac{5}{100} \\ &= 566,57 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \end{aligned}$$

Por lo cual, la carga de nitrógeno a nitrificar, tiene el siguiente valor:

$$N_N = 2380,95 - 4,68 - 566,5725 = 1809,7 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

B. Relación de recirculación necesaria.

Calculamos la siguiente relación:

$$\frac{N_N}{DBO_5} = \frac{1809,7}{11331,45} = 0,1597 \frac{\text{kg } N - NO}{\text{kg } DBO_5}$$

$$DBO_5 = 2,42125 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 195 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} = 11331,45 \frac{\text{kg}}{\text{d}}$$

Luego, el porcentaje de nitratos a recircular será:

$$100 \cdot \frac{\frac{N_N - N_{\text{límite}}}{DBO_5}}{\frac{N_N}{DBO_5}} = 87,7 \%$$

$$N_{\text{límite}} = 0,05 \frac{kg}{m^3} \cdot 195 \frac{m^3}{h} \cdot 24 \frac{h}{d} = 234 \frac{kg}{d}$$

$$\frac{N_N - N_{\text{límite}}}{DBO_5} = \frac{1809,6975 - 234}{11331,45} = 0,14 \frac{kg N - NO}{kg DBO_5}$$

$$100 \cdot \frac{0,14}{0,15971} = 87,7 \%$$

Por lo cual, la relación de recirculación interna necesaria, será:

$$r = \frac{1}{1 - \left(\frac{87,7}{100}\right)} - 1 = 7,1030$$

C. Eliminación media de nitrógeno.

- Nitrógeno desnitrificado diariamente.

$$\begin{aligned} N_{NO_3, \text{desnitrif}} &= 0,14 \frac{kg N_{NO_3}/d}{kg DBO_5/d} \cdot 11331,45 \frac{kg DBO_5}{d} \\ &= 1586,403 \frac{kg}{d} \end{aligned}$$

- Eliminación media de nitrógeno.

$$\begin{aligned} \frac{N_{NO_3, \text{desnitrif}} + N \text{ en } F. \text{exceso}}{N \text{ influente}} \cdot 100 &= \frac{1586,403 + 566,5725}{2380,95} \cdot 100 \\ &= 90,43\% \end{aligned}$$

- Nitrato en la salida.

$$N_{NO_3,efluente} = N_N - N_{NO_3,desnitrif} = 1809,6975 - 1586,403$$

$$= 223,29 \frac{kg}{d}$$

$$N_{NO_3,efluente}$$

$$= 223,2945 \frac{kg}{d} \cdot \frac{1 d}{24 h} \cdot \frac{1 h}{195 m^3} \cdot \frac{10^6 mg}{1 kg} \cdot \frac{1 m^3}{1000 dm^3}$$

$$\cdot \frac{1 dm^3}{1 l}$$

$$N_{NO_3,efluente}$$

$$= 223,2945 \frac{kg}{d} \cdot \frac{1 d}{24 h} \cdot \frac{1 h}{195 m^3} \cdot \frac{10^6 mg}{1 kg} \cdot \frac{1 m^3}{1000 dm^3}$$

$$\cdot \frac{1 dm^3}{1 l}$$

$$N_N - N_{desnitrif} = 47,7125 \frac{mg}{l}$$

Vemos que se cumplen los requisitos de vertido fijados por la ley ($N - NO_3 \leq 50 \text{ mg/l}$).

$$N_{NO_3,efluente} 47,7125 \text{ mg/l} \leq 50 \text{ mg/l}$$

Una vez comprobado que se cumplen los requisitos de vertido, se calcula la necesidad de oxígeno para la nitrificación - desnitrificación.

$$O.N._N = c' \cdot DBO_5 \text{ eliminado}$$

Siendo:

$$O.N._N = \text{necesidad de oxígeno para la nitrificación - desnitrificación (kg } O_2/d)$$

$$c' = \text{coeficiente (kg } O_2/kg \text{ DBO}_5)$$

$$DBO_5 \text{ elim.} = \text{cantidad de DBO}_5 \text{ eliminada (kg DBO}_5/d)$$

$$C = \frac{4,6 \cdot N_{NO_3,efluente} + 1,7 \cdot N_{NO_3,desnitrif}}{DBO_5}$$

$$C = \frac{4,6 \cdot 223,2945 + 1,7 \cdot 1586,403}{11331,45} = 0,3287 \frac{kg \text{ } O_2}{kg \text{ DBO}_5}$$

Por lo tanto:

$$O.N._N = 0,3287 \text{ kg } O_2/\text{kg } DBO_5 \cdot (2,4213 \cdot 0,9) \text{ kg } DBO_5 / \text{m}^3 \cdot 195 \text{ m}^3/\text{d} \\ \cdot 24 \text{ h/d}$$

$$O.N._N = 3351,7 \text{ kg } O_2/\text{d}$$

Una vez obtenida la necesidad de oxígeno tanto para la oxidación de la materia carbonosa, como para llevar a cabo la nitrificación - desnitrificación, puede calcularse la necesidad de oxígeno total en condiciones normalizadas.

$$O.N._{total} = O.N._C + O.N._N = 9382,951 + 3351,673 = 12734,624 \text{ kg } O_2/\text{d}$$

Las necesidades de oxígeno calculadas corresponden al consumo real de oxígeno realizado por la masa bacteriana. Estas necesidades se calculan en condiciones normalizadas y es por tanto necesario convertirlas a las condiciones reales de funcionamiento.

El paso de las condiciones normalizadas a condiciones reales, se hace mediante la aplicación de un factor de corrección denominado coeficiente de transferencia, es decir:

$$\text{Oxígeno real} = \frac{\text{Oxígeno teórico}}{K_t}$$

Siendo K_t el coeficiente global de transferencia.

Este coeficiente K_t , se calcula a su vez como el productos de otros tres coeficientes:

$$K_t = K_{t1} \cdot K_{t2} \cdot K_{t3}$$

- Coeficiente K_{t1}

Este coeficiente tiene en cuenta el déficit de saturación de oxígeno del licor mezcla.

$$K_{t1} = \frac{C'_s - C_x}{C_s}$$

Siendo:

- C'_s = concentración de saturación en el tanque de aireación a temperatura T (mg/l)
- C_x = concentración media en oxígeno en el tanque de aireación (mg/l)
- C_s = concentración de saturación en el agua clara a temperatura T (mg/l)

En este caso, se consideran las siguientes condiciones:

- Temperatura del agua en el tanque de aireación.

$$T = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Se considera que la temperatura disminuye cinco grados desde que sale del matadero hasta que llega al tratamiento biológico.

- Concentración media de oxígeno en el tanque de aireación.

$$C_x = 3\text{ }mg/l$$

Se establece este valor por tener proceso de nitrificación, valor recomendado por el Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales. Aurelio Hernández Lehmann.

- Concentración de saturación en agua clara, a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ y presión atmosférica normal.

$$C_s = 6,95\text{ }mg/l$$

Este valor ha sido obtenido del Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater (APHA, 1992).

Para calcular la concentración de saturación a la temperatura de 35 (C'_s), lo haremos a partir del valor obtenido de C_s aplicándoles los siguientes factores de corrección:

- Parámetro β que tiene en cuenta los sólidos en suspensión del licor y su salinidad. Para salinidad $< 3 \text{ mg/l}$, adoptaremos una $\beta = 0,98$.
- Parámetro C_p , tiene en cuenta las variaciones de presión debidas a la altitud. Se toma la altitud sobre el nivel del mar de Bejis, la cual tiene un valor de 843 m.

$$C_p = 1 - 0,111 \cdot \text{Altitud (m)}/1000$$

$$C_p = 1 - 0,111 \cdot 843/1000 = 0,91$$

- Parámetro C_A , tiene en cuenta la altura del agua en el tanque de aireación. Para determinar la concentración de saturación media. Suponemos que la aireación se va llevar a cabo mediante sistemas de difusores de aire, por la que la concentración de saturación media es la misma que en la superficie. No hay corrección.

Con difusión de aire, colocados a una profundidad $P = 4,36 \text{ m}$.

- La concentración del fondo es:

$$C_{SF} = C_s \cdot (10,33 + P)/10,33$$

$$C_{SF} = 6,95 \cdot (10,33 + 4,36)/10,33 = 9,88 \text{ mg/l}$$

- La concentración de la superficie es:

$$C_{SS} = C_s \cdot \frac{1 - 0,05 \cdot P}{0,791 + 0,209 \cdot (1 - 0,05 \cdot P)}$$

$$C_{SS} = 6,95 \cdot \frac{1 - 0,05 \cdot 4,36}{0,791 + 0,209 \cdot (1 - 0,05 \cdot 4,36)} = 0,82 \text{ mg/l}$$

De las dos ecuaciones se calcula el valor medio:

$$C_{SM} = \frac{C_{SF} + C_{SS}}{2} = \frac{9,8834 + 0,82}{2} = 5,35 \text{ mg/l}$$

Por último:

$$C_A = \frac{C_{SM}}{C_s} = \frac{5,3517}{6,95} = 0,77$$

Con las tres correcciones se puede calcular C'_S :

$$C'_S = C_S \cdot \beta \cdot C_P \cdot C_A = 6,95 \cdot 0,98 \cdot 0,91 \cdot 0,77 = 4,77 \text{ mg/}$$

Luego el coeficiente K_{t1} será:

$$K_{t1} = \frac{C'_S - C_X}{C_S} = \frac{4,7725 - 3}{6,95} = 0,255$$

- Coeficiente K_{t2}

Este coeficiente tiene en cuenta la influencia de la temperatura en la velocidad de difusión del oxígeno.

$$K_{t2} = 1,024^{(T-10)} = 1,024^{(35-10)} = 1,607$$

- Coeficiente K_{t3}

Este coeficiente tiene en cuenta la influencia de la temperatura en la velocidad de difusión del oxígeno según las características del licor. Como suponemos que la difusión de aire se realiza con turbinas de superficie, según el Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales de Aurelio Hernández Lehmann:

$$K_{t3} = 0,90$$

Por tanto, el coeficiente K_t valdrá:

$$K_t = K_{t1} \cdot K_{t2} \cdot K_{t3} = 0,255 \cdot 1,607 \cdot 0,90 = 0,369$$

Y por lo tanto, el oxígeno a aportar en condiciones reales, será:

$$\text{Oxígeno real} = \frac{\text{Oxígeno teórico}}{K_t} = \frac{12734,6235}{0,3689} = 34520,53 \text{ kg O}_2/d$$

$$\text{Oxígeno real} = 34520,53 \text{ kg O}_2/d = 1438,355 \text{ kg O}_2/h$$

Los difusores de membrana seleccionados para satisfacer las necesidades de aireación en el reactor tienen una eficacia de 6,5% por metro de inmersión, por tanto:

$$\text{Caudal de aire necesario} = \frac{\text{Oxígeno real (kg O}_2\text{/d)} \cdot 1 \text{ d}/24 \text{ h}}{0,277 \text{ kg O}_2\text{/m}^3 \cdot \text{eficacia en la transferencia}}$$

$$\text{Caudal de aire necesario} = \frac{34520,53}{0,277 \cdot 24 \cdot \frac{6,5}{100} \cdot 4,36 \text{ m}} = 18322,58 \frac{\text{m}^3 \text{aire}}{\text{h}}$$

A continuación se calcula el número de difusores necesarios teniendo en cuenta que el flujo de aire por difusor es de 6 m³/h.

$$N = \frac{\text{Caudal de aire necesario}}{\text{Caudal de aire por difusor}} = \frac{18322,58}{6} \approx 3054$$

Esta aireación se conseguirá gracias a 3054 difusores de membrana.

Además, capacidad mínima de agitación de un tanque para que se considere agitado es de 18 m³/min de aire por cada 1000 m³ de agua, por lo cual serán necesarios como mínimo 6798,9 m³aire/h en el tanque. Teniendo en cuenta que cada difusor tiene un caudal de aire de 6 m³/h y que hay 3054 difusores, habrá un caudal total de aire de 18324 m³/h, esto hace que no sea necesario instalar un agitador.

$$18 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 1080 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow 1000 \text{ m}^3$$

$$x \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \rightarrow 6295,25 \text{ m}^3$$

$$x = \frac{6295,25 \cdot 1080}{1000} = 6798,9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} < 18324 \frac{\text{m}^3 \text{aire}}{\text{h}}$$

10 Decantación secundaria.

Teniendo en cuenta el caudal medio de la planta se procede a calcular la superficie de los decantadores.

Para ello es necesario conocer la velocidad ascensorial o carga superficial. En la siguiente tabla se reflejan los valores relativos a la carga superficial que se adoptan normalmente, en función del proceso seleccionado.

Tabla 12. Valores relativos a la carga superficial en función del proceso seleccionado.

Carga superficial	$Q_{medio} \leq 0,8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ $Q_{max} \leq 1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$
Carga sólidos	$Q_{medio} \leq 2,5 \text{ kg}/\text{m}^2/\text{h}$ $Q_{max} \leq 4,5 \text{ kg}/\text{m}^2/\text{h}$
Tiempo de retención hidráulica	$Q_{medio} \geq 3 \text{ horas}$
Q/ml vertedero	$Q_{medio} \leq 12 \text{ m}^3/\text{h}$ $Q_{max} \leq 20 \text{ m}^3/\text{h}$
Calado en el borde	$> 3 \text{ metros}$

Los cálculos para el diseño del decantador secundario tienen la siguiente forma.

10.1. Superficie del decantador.

Primero se calcula la superficie del decantador, de la siguiente manera:

$$S = \frac{Q}{CH}$$

Siendo:

CH = carga hidráulica superficial ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$)

Q = caudal a tratar (m^3/h)

S = superficie de decantación (m^2)

Por lo tanto:

$$S = \frac{Q_{medio}}{CH} = \frac{195}{0,8} = 243,75 \text{ m}^2$$

10.2. Volumen del decantador.

A continuación se calcula el volumen del decantador:

$$V = t_R \cdot Q$$

Siendo:

V = volumen de decantación (m^3)

Q = caudal a tratar (m^3/h)

t_R = tiempo de retención (h)

El valor del tiempo de retención ha sido obtenido a partir de la tabla anterior.

$$t_R (Q_{medio}) = 3,00 \text{ h}$$

Por lo cual el volumen teórico según el tiempo de retención a caudal medio será:

$$V = t_R \cdot Q = 3 \cdot 195 = 585 \text{ m}^3$$

10.3. Relaciones dimensionales

Relacionando los dos últimos parámetros definidos obtenemos la altura del decantador:

$$h = \frac{V}{S} = \frac{585}{243,75} = 2,4 \text{ m}$$

Además, a partir de la sección se puede calcular el diámetro del decantador (d):

$$d = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{243,75 \cdot 4}{\pi}} = 17,617 \text{ m}$$

10.4. Dimensiones de la zona de entrada.

En decantadores circulares de flujo vertical.

Siendo:

- h_1 = altura del cilindro central desde el borde superior del decantador (m)
- d_1 = diámetro del cilindro central de entrada (m)
- h = altura del decantador (m)
- d = diámetro del decantador (m)

Pueden tomarse las siguientes relaciones según el *Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales*, de Aurelio Hernández Lehmann.

$$\frac{d_1}{d} = 0,1$$

$$\frac{h_1}{h} = 0,4$$

Para la altura en la zona de reparto se considera una pendiente en la solera del 2% al 8%, en este caso en particular se utilizará un valor del 5%.

$$h' = h + \frac{5}{100} \cdot \left(\frac{d}{2}\right) = 2,4 + 0,05 \cdot \left(\frac{17,617}{2}\right) = 2,84 \text{ m}$$

La altura sumergida en la chapa deflectora, se calcula adoptando las expresiones anteriores.

$$h_1 = 0,4 \cdot h = 0,4 \cdot 0,96 = 1,33 \text{ m}$$

El diámetro de la chapa deflectora, se calcula adoptando las expresiones anteriores.

$$d_1 = 0,1 \cdot d = 0,1 \cdot 17,617 = 1,7617 \text{ m}$$

10.5. Longitud del vertedero de salida.

Se define como carga sobre vertedero al cociente entre el caudal a tratar y la longitud de vertedero.

$$V_{vert} = \frac{Q}{L}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} L &= \text{longitud necesaria de vertedero (m)} \\ Q &= \text{caudal a tratar (m}^3/\text{h)} \\ V_{vert} &= \text{carga sobre vertedero (m}^3/\text{h/m)} \end{aligned}$$

El valor máximo de la carga sobre vertedero ha sido obtenido del *Manual de diseño de estaciones depuradoras de aguas residuales*, de Aurelio Hernández Lehmann.

$$V_{vert \text{ máxima}} = 9,5 \text{ m}^3/\text{h/m}$$

La longitud necesaria de vertedero se calcula de la siguiente manera:

$$L_{vertedero} = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot 8,8085 = 55,35 \text{ m}$$

Por lo cual, la carga sobre vertedero tiene el siguiente valor:

$$V_{vert} = \frac{Q}{L} = \frac{195}{55,3454} = 3,52 \text{ m}^3/\text{h/m}$$

Es un valor aceptable puesto que $V_{vert} < V_{vert \text{ máxima}}$.

10.6. Barrederas de fangos.

Siendo:

v_r = *velocidad lineal de las barrederas de fondo en decantadores (m/min)*

Puede tomarse como valor típico de la velocidad de barrederas de fangos,

$$v_r = 0,6 \text{ m/min}$$

Las inclinaciones de los fondos para dichas rasquetas suelen ser en decantadores circulares del 2% al 8%, en este caso en particular se utilizará un valor del 5%.

10.7. Pocetas de fangos.

El volumen necesario de la o las pocetas necesarias vendrá dado por la expresión:

$$V = Q_{purga} \cdot t_R$$

$$V = 50,6412 \cdot 0,5 = 25,32 \text{ m}^3$$

Siendo:

V = volumen de poceta o pocetas (m^3)

Q_f = caudal medio de fangos producidos (m^3/h)

t_R = tiempo de retención del fango en pocetas (h)

El valor del tiempo de retención se ha tomado a partir de información bibliográfica.

Caracterización del efluente

Índice

1. Objetivo.....	5
2. Desbaste	6
3. Homogeneización.....	7
4. Desarenador - desengrasador	8
5. Coagulación - floculación	9
6. Decantación primaria	10
7. Tratamiento biológico y decantación secundaria.	11

Tablas

Tabla 1. Valores límites de emisión.	5
Tabla 2. Eficacia de eliminación en el desbaste	6
Tabla 3. Características del agua residual en el desbaste	6
Tabla 4. Eficacia de eliminación en la etapa de homogeneización	7
Tabla 5. Características del agua residual en la etapa de homogeneización	7
Tabla 6. Eficacia de eliminación en el desarenador - desengrasador	8
Tabla 7. Características del agua residual en el desarenador - desengrasador	8
Tabla 8. Eficacia de eliminación en las etapas de coagulación y floculación	9
Tabla 9. Características del agua residual en las etapas de coagulación y floculación	9
Tabla 10. Eficacia de eliminación en la decantación primaria	10
Tabla 11. Características del agua residual en la decantación primaria	10
Tabla 12. Eficacia de eliminación en el tratamiento secundario	11
Tabla 13. Características del agua residual en el tratamiento secundario	11

1. Objetivo.

El efluente final debe cumplir los límites marcados por la normativa de saneamiento municipal. El objetivo del presente anexo es determinar si estos límites se cumplen con la solución adoptada.

Los límites que marcados por la normativa son los siguientes:

Tabla 1. Valores límites de emisión.

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno, DQO	1000	mgO_2/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO ₅	500	mgO_2/l
Materias en Suspensión, MES	500	mg/l
Nitrógeno Total Kjeldahl, NKT	50	mgN/l
Aceite y Grasas	100	mg/l
Fósforo Total	15	mgP/l
pH	5,5-9,0	$u.pH$

Para justificar que estos valores límites se cumplen se ha utilizado información bibliográfica sobre la eficiencia de eliminación de cada proceso unitario que se lleva a cabo en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

A continuación se presenta la información bibliográfica utilizada, junto al valor de cada parámetro a la entrada y a la salida de cada uno de los procesos unitarios a los que se somete el agua residual.

2. Desbaste

La información bibliográfica aportada es la siguiente:

Tabla 2. Eficacia de eliminación en el desbaste.

PARÁMETRO	Eficacia de eliminación
DQO	Despreciable
DBO ₅	Despreciable
MES	Despreciable
NKT	Despreciable
Aceite y Grasas	Despreciable
Fósforo Total	Despreciable
pH	Despreciable
Fuente: Ministerio Ambiente, 2002	

Con estos valores, se obtienen las siguientes características en el agua residual:

Tabla 3. Características del agua residual en el desbaste.

PARÁMETRO	VALOR DE ENTRADA	VALOR DE SALIDA	UNIDADES
DQO	8000	8000	<i>mgO₂/l</i>
DBO ₅	3725	3725	<i>mgO₂/l</i>
MES	4000	4000	<i>mg/l</i>
NKT	550	550	<i>mgN/l</i>
Aceite y Grasas	1600	1600	<i>mg/l</i>
Fósforo Total	75	75	<i>mgP/l</i>
pH	7,5	7,5	<i>u. pH</i>

3. Homogeneización

La información bibliográfica aportada es la siguiente:

Tabla 4. Eficacia de eliminación en la etapa de homogeneización.

PARÁMETRO	Eficacia de eliminación
DQO	Despreciable
DBO ₅	Despreciable
MES	Despreciable
NKT	Despreciable
Aceite y Grasas	Despreciable
Fósforo Total	Despreciable
pH	Despreciable
Fuente: Ministerio Ambiente, 2002	

Con estos valores, se obtienen las siguientes características en el agua residual:

Tabla 5. Características del agua residual en la etapa de homogeneización.

PARÁMETRO	VALOR DE ENTRADA	VALOR DE SALIDA	UNIDADES
DQO	8000	8000	<i>mgO₂/l</i>
DBO ₅	3725	3725	<i>mgO₂/l</i>
MES	4000	4000	<i>mg/l</i>
NKT	550	550	<i>mgN/l</i>
Aceite y Grasas	1600	1600	<i>mg/l</i>
Fósforo Total	75	75	<i>mgP/l</i>
pH	7,5	7,5	<i>u. pH</i>

4. Desarenador - desengrasador

La información bibliográfica aportada es la siguiente:

Tabla 6. Eficacia de eliminación en el desarenador - desengrasador.

PARÁMETRO	Eficacia de eliminación
DQO	8 – 15 % → 11,5 %
DBO ₅	Indefinido
MES	Despreciable
NKT	Despreciable
Aceite y Grasas	70%
Fósforo Total	Despreciable
pH	Despreciable

**Fuente: Depuración de aguas residuales.
Aurelio Hernandez Muñoz.**

Con estos valores, se obtienen las siguientes características en el agua residual:

Tabla 7. Características del agua residual en el desarenador - desengrasador.

PARÁMETRO	VALOR DE ENTRADA	VALOR DE SALIDA	UNIDADES
DQO	8000	7080	mgO ₂ /l
DBO ₅	3725	3725	mgO ₂ /l
MES	4000	4000	mg/l
NKT	550	550	mgN/l
Aceite y Grasas	1600	480	mg/l
Fósforo Total	75	75	mgP/l
pH	7,5	7,5	u. pH

5. Coagulación - floculación

La información bibliográfica aportada es la siguiente:

Tabla 8. Eficacia de eliminación en las etapas de coagulación y floculación.

PARÁMETRO	Eficacia de eliminación
DQO	Indefinido
DBO ₅	Indefinido
MES	65 – 75 % → 70 %
NKT	Indefinido
Aceite y Grasas	70 – 90 % → 80 %
Fósforo Total	Indefinido
pH	Indefinido
Fuente: Cedex. Noviembre, 2013	

En este caso en particular, aparte de la información bibliográfica hay que tener en cuenta que el coagulante empleado tenía como objetivo eliminar el fósforo, obteniendo una eficacia de eliminación del 80%, estos cálculos son justificados en el Anexo III: Cálculos.

Con estos valores, se obtienen las siguientes características en el agua residual:

Tabla 9. Características del agua residual en las etapas de coagulación y floculación.

PARÁMETRO	VALOR DE ENTRADA	VALOR DE SALIDA	UNIDADES
DQO	7080	7080	<i>mgO₂/l</i>
DBO ₅	3725	3725	<i>mgO₂/l</i>
MES	4000	1200	<i>mg/l</i>
NKT	550	550	<i>mgN/l</i>
Aceite y Grasas	480	96	<i>mg/l</i>
Fósforo Total	75	15	<i>mgP/l</i>
pH	7,5	7,5	<i>u. pH</i>

6. Decantación primaria

La información bibliográfica aportada es la siguiente:

Tabla 10. Eficacia de eliminación en la decantación primaria.

PARÁMETRO	Eficacia de eliminación
DQO	30 – 40 % → 35 %
DBO ₅	30 – 40 % → 35 %
MES	50 – 65 % → 57,5 %
NKT	5 – 10 % → 7,5 %
Aceite y Grasas	Indefinido
Fósforo Total	10 – 20 % → 15 %
pH	Indefinido
Fuente: Ministerio Ambiente, 2002	

Con estos valores, se obtienen las siguientes características en el agua residual:

Tabla 11. Características del agua residual en la decantación primaria.

PARÁMETRO	VALOR DE ENTRADA	VALOR DE SALIDA	UNIDADES
DQO	7080	4602	mgO ₂ /l
DBO ₅	3725	2421,25	mgO ₂ /l
MES	1200	510	mg/l
NKT	550	508,75	mgN/l
Aceite y Grasas	96	96	mg/l
Fósforo Total	15	12,75	mgP/l
pH	7,5	7,5	u. pH

7. Tratamiento biológico y decantación secundaria.

Aunque son dos procesos unitarios diferentes debido a la existencia de recirculación al final de la decantación secundaria se justificarán las características de las aguas tanto a la entrada como a la salida de ambos procesos conjuntamente.

La información bibliográfica aportada es la siguiente:

Tabla 12. Eficacia de eliminación en el tratamiento secundario.

PARÁMETRO	Eficacia de eliminación
DQO	85 – 95 % → 90 %
DBO ₅	85 – 95 % → 90 %
MES	85 – 95 % → 90 %
NKT	Indefinido
Aceite y Grasas	Indefinido
Fósforo Total	Indefinido
pH	Indefinido
Fuente: Cedex. Noviembre, 2013	

En este caso en particular, aparte de la información bibliográfica hay que tener en cuenta que la eficiencia de eliminación de la DBO₅, como del NKT ha sido calculada para desarrollar los cálculos. Por lo cual, serán utilizados los rendimientos obtenidos, el valor de ambos es del 90%, estos cálculos son justificados en el Anexo X: Cálculos.

Con estos valores, se obtienen las siguientes características en el agua residual:

Tabla 13. Características del agua residual en el tratamiento secundario.

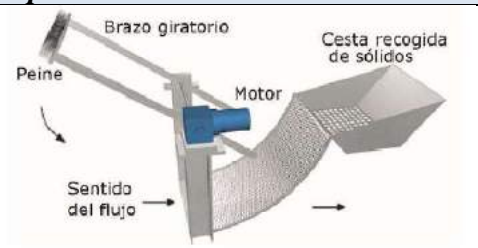
PARÁMETRO	VALOR DE ENTRADA	VALOR DE SALIDA	UNIDADES
DQO	4602	460	mgO ₂ /l
DBO ₅	2421,25	242	mgO ₂ /l
MES	510	51	mg/l
NKT	508,75	47,7	mgN/l
Aceite y Grasas	96	96	mg/l
Fósforo Total	12,75	12,75	mgP/l
pH	7,5	7,5	u. pH


Por lo cual, como se puede observar el valor de los parámetros que definen este agua residual a la salida, cumple los límites de vertido marcados.

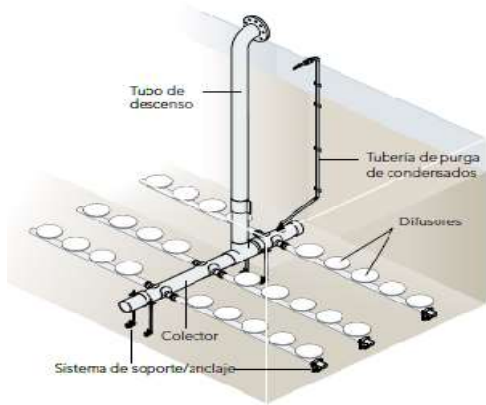

Fichas Técnicas

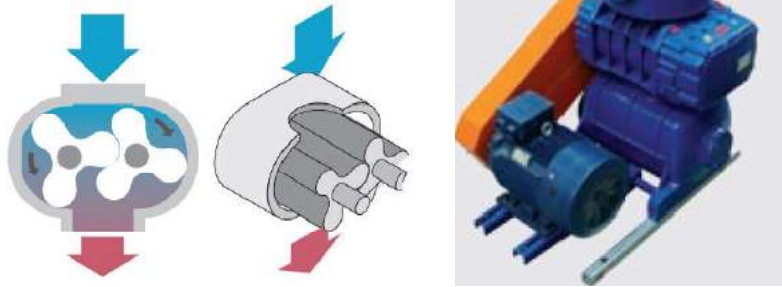
Índice

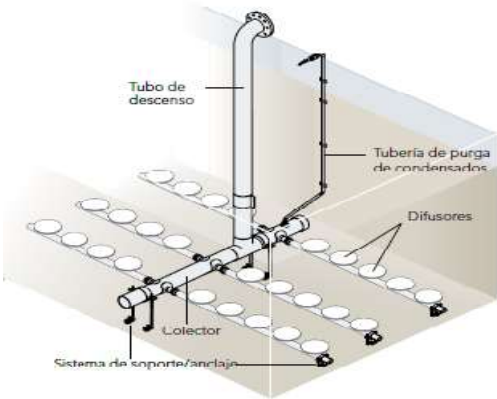

Rejas autolimpiantes.....	5
Bomba sumergida	6
Aireación	7
Émbolo rotativo	8
Aireación	9
Émbolo rotativo	10
Bomba succión	11
Puente móvil.....	12
Agitador.....	13
Agitador.....	14
Bomba succión	15
Puente móvil.....	16
Aireación	17
Émbolo rotativo	18
Émbolo rotativo	19
Bomba sumergida.....	20
Bomba sumergida.....	21
Bomba sumergida.....	22
Bomba succión	23
Puente móvil.....	24

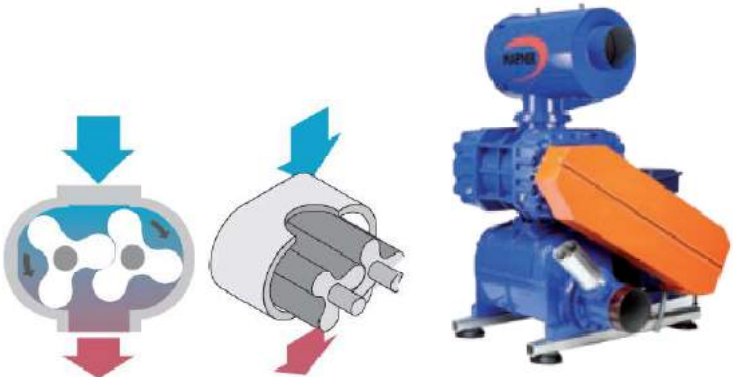
Rejas autolimpiantes	
Características generales	
Marca	Recubrimientos y Moldeados S.A.
Modelo	RCAS 3
Tipo	12 x 550 x 680
Luz de malla	$S = 12 \text{ mm}$
Situación	Desbaste
Dimensiones	
Anchura de la reja	$W_1 = 550 \text{ mm}$
Altura del canal	$H = 373 \text{ mm}$
Altura del agua	$W_L = 325 \text{ mm}$
Altura de descarga	$H_1 = 680 \text{ mm}$
Inclinación	0°
Motor - reductor	
Marca	Sew - Eurodrive / Siemens
Potencia	$0,25 \text{ kW}$
Velocidad a la salida	$4,9 \text{ r.p.m.}$
Protección	IP-55
Aislamiento	Clase F
Tensión	400 v
Frecuencia	50 Hz
Limitador electrónico de par	
Marca	Unipower
Modelo	HPL - 110
Tiempo de reacción	$0,1 \text{ seg}$
Cálculos hidráulicos	
Caudal máximo	$Q = 387,66 \text{ m}^3/\text{h}$
Altura de agua (aguas arriba)	$W_L = 325 \text{ mm}$
Velocidad de paso entre barrotes	$v = 1,1068 \text{ m/s}$
Perdida de carga	$\Delta h = 99,75 \text{ mm}$
Elementos de la pantalla	
Número de ejes	80 unidades
Anchura de los barrotes	$a = 6 \text{ mm}$
Longitud de los barrotes	$a = 6 \text{ mm}$
Ancho del cubo de los elementos filtrantes	$z = 30 \text{ mm}$
Estructura	
Material	AISI - 304 L
Acabado superficial	Chorreando SA 2 1/2
Protección	Poliuretano RAL 7039
Descripción visual del equipo	
 <p>Diagrama de la reja autolimpiante. Muestra un brazo giratorio con un peine que limpia la reja. El motor está conectado al brazo. La cesta recoge los sólidos. Se indica el sentido del flujo con una flecha.</p>	


Bomba sumergida	
Características generales	
Marca	Hidráulica Alsina S.A.
Modelo	AT - 150/4/240 C280
Situación	Tanque homogeneización
Características del fluido y del proceso	
Caudal	$Q = 193,83 \text{ m}^3/h$
Temperatura	$T = 43 \text{ }^\circ\text{C}$
pH	$pH = 7,5 \text{ u. pH}$
Profundidad de inmersión	4,50 m
Altura manométrica necesaria	5,84 m
Características de la bomba	
Tipo	Sumergible con impulsor Monocanal
Paso de sólidos	120 mm
Diámetro de impulsión	DN - 150
Potencia de entrada	25,8 kW
Potencia nominal	25 kW
Velocidad	1450 r.p.m.
Tensión	3 ~ 400 V
Frecuencia	50 Hz
Intensidad	47,7 A
Profundidad de inmersión máxima	$H = 20 \text{ m}$
Altura manométrica máxima	$H_{\text{manométrica}} = 21,848 \text{ m. c. a.}$
Valores de pH admitidos	$pH = 6 - 10 \text{ u. pH}$
Temperatura máxima de trabajo	$T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$
Materiales	
Carcasa del motor	Fundición G G 25
Cuerpo de la bomba	Fundición G G 25
Eje del motor	Inox. AISI 420
Turbina	Fundición G G 25
Tornillería	Inox. AISI 420
Juntas	NBR
Protección	IP 68
Descripción visual del equipo	
	

Aireación	
Características generales	
Marca	Xylem
Modelo	Difusor de banda ancha y burbuja gruesa
Situación	Tanque homogeneización
Especificaciones técnicas	
Longitud	610 mm
Flujo de aire por banda	50 m ³ /h
Eficiencia de transferencia de oxígeno (SOTE)	2,05% por metro de inmersión
Eficiencia de aireación	1,35 kg O ₂ /kWh
Materiales	
Tubo de descenso	Acero inoxidable AISI 304
Colectores	Acero inoxidable AISI 304
Cabezales de distribución	CPVC
Soportes y pernos de anclaje	Acero inoxidable AISI 304
Empacaduras	EPDM
Especificaciones requeridas	
Necesidad de aireación (bibliográfico)	0,54 m ³ / m ³ _{tanque} · h
Altura de inmersión	4,5 m
Volumen interno del tanque	8916,18 m ³
Flujo de aire necesario con SOTE = 100%	4814,74 m ³ / h
Flujo de aire necesario con SOTE = 9,225%	59192,305 m ³ / h
Número de difusores	1044
Descripción visual del equipo	
 	

Émbolo rotativo	
<i>Características generales</i>	
Marca	Mapner
Modelo	SEM.85 TRCB.BV/DN350
Situación	Tanque de homogeneización
<i>Especificaciones técnicas</i>	
Motor	1500 r. p. m.
Soplante	1470 r. p. m.
Caudal aspirado de aire	11847 m ³ /h
Incremento de temperatura	59°C
Incremento de presión	400 mbar
Potencia absorbida en el eje del soplante	180,4 kW
Potencia nominal de motor	250 kW
Nivel de Presión Acústica	87 dB(A)
<i>Especificaciones requeridas</i>	
Caudal que necesita ser aspirado	59192,305 m ³ /h
Número de embolos rotativos	5
<i>Descripción visual del equipo</i>	
 <p>El diagrama a la izquierda ilustra el mecanismo de los cinco émbolos rotativos, mostrando la aspiración (flecha azul hacia abajo) y la expulsión (flecha roja hacia abajo) de la mezcla. A la derecha se muestra una fotografía del equipo físico, un motor eléctrico azul conectado a un eje de transmisión naranja que acciona los émbolos.</p>	

Aireación	
Características generales	
Marca	Xylem
Modelo	Difusor de banda ancha y burbuja gruesa
Situación	Desarenador - desengrasador
Especificaciones técnicas	
Longitud	610 mm
Flujo de aire por banda	15 m ³ /h
Eficiencia de transferencia de oxígeno (SOTE)	2,05% por metro de inmersión
Eficiencia de aireación	1,35 kg O ₂ /kWh
Materiales	
Tubo de descenso	Acero inoxidable AISI 304
Colectores	Acero inoxidable AISI 304
Cabezales de distribución	CPVC
Soportes y pernos de anclaje	Acero inoxidable AISI 304
Empacaduras	EPDM
Especificaciones requeridas	
Flujo de aire necesario con SOTE = 100%	6,2 m ³ /h
Altura de inmersión	1,2297 m
Flujo de aire necesario con SOTE = 2,52%	245,533 m ³ /h
Número de difusores	17
Descripción visual del equipo	
 	


Émbolo rotativo	
<i>Características generales</i>	
Marca	Mapner
Modelo	SEM.2 TRCB /DN350
Situación	Desarenador - Desengrasador
<i>Especificaciones técnicas</i>	
Motor	3000 r. p. m.
Soplante	4200 r. p. m.
Caudal aspirado de aire	250 m ³ /h
Incremento de temperatura	55°C
Incremento de presión	500 mbar
Potencia absorbida en el eje del soplante	5,3 kW
Potencia nominal de motor	7,5 kW
Nivel de Presión Acústica	70 dB(A)
<i>Especificaciones requeridas</i>	
Caudal que necesita ser aspirado	245,533 m ³ /h
Número de embolos rotativos	1
<i>Descripción visual del equipo</i>	
	

Bomba succión	
<i>Características generales</i>	
Marca	Hidráulica Alsina S.A.
Modelo	GF - 40/11
Situación	Desarenador - Desengrasador
<i>Características del fluido y del proceso</i>	
Caudal	$Q = 10 \text{ m}^3/h$
Profundidad de inmersión	0 m
Altura manométrica necesaria	1,68 m
<i>Características de la bomba</i>	
Tipo	Sumergible para succión
Paso de sólidos	35 mm
Diámetro de impulsión	DN - 40
Potencia	1,5 CV
	1,1 kW
Velocidad	2850 r.p.m.
Tensión	400 V
Frecuencia	50 Hz
Intensidad	2,6 A
Altura manométrica máxima	$H_{manométrica} = 5 \text{ m. c. a.}$
<i>Materiales</i>	
Cuerpo de la bomba	Fundición Gris
Eje del motor	Acero Inoxidable
Turbina	Fundición Gris
Tornillería	Acero Inoxidable
Cierre mecánico	Cerámica/Grafito
Protección	IP 68
<i>Descripción visual del equipo</i>	
	

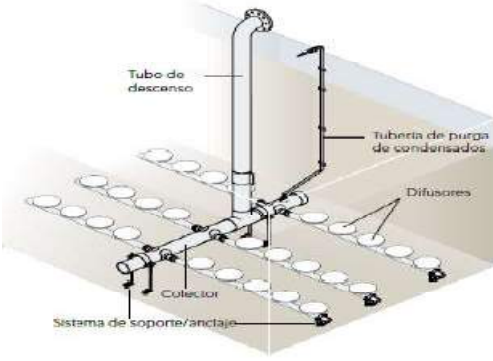

Puente móvil	
<i>Características generales</i>	
Marca	Ejecpur S.A.
Situación	Desarenador - Desengrasador
<i>Características generales</i>	
Tipo de puente	Longitudinal
Longitud pasarela	880 mm
Altura total del recinto	2830 mm
Altura de la lámina de agua	1230 mm
Tipo de pasarela	Metálica perfiles IPE
Ancho pasarela	860 mm
Alto barandilla	950 mm
<i>Materiales</i>	
Construcción pasarela	Acero Carbono S275 JR
Barandilla	Acero Carbono S275 JR
Rodapié	Acero Carbono S275 JR
Brazos de barrido fondo	Acero Carbono S275 JR
Tensores de barrido fondo	Acero Carbono S275 JR
Rasquetas barredoras	Acero Carbono S275 JR
Placas de apoyo	Acero Carbono S275 JR
Construcción brazo barrido flotantes	Acero Inoxidable AISI-304
Pala de llenado	Acero Inoxidable AISI-304
Aliviadero perimetral	Aluminio anodizado
Deflector	Aluminio anodizado
<i>Accionamiento motor</i>	
Potencia motor	1,1 kW
Velocidad	1420 r. p. m.
Turbina	220/380 V
Frecuencia	60 Hz
Protección	IP 55
Reductor mecánico	Visinfin corona
Velocidad de salida	1,6 r. p. m.
Factor servicio	1,5

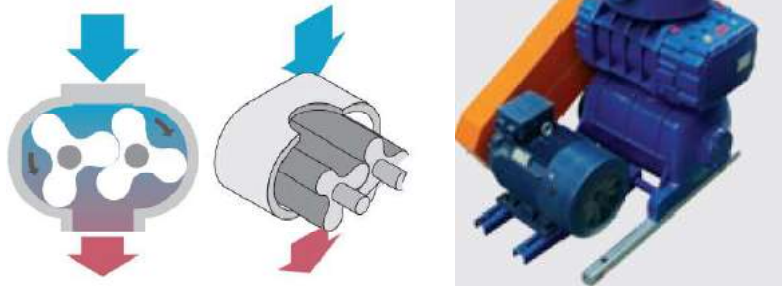
Agitador	
<i>Características generales</i>	
Marca	OPT S.A.
Modelo	VR4 Modificado
Situación	Coagulador
<i>Características generales</i>	
Diámetro del agitador	0,825 m
Diámetros del eje	25 – 160 mm
Velocidad	200 rpm
Potencia	99,08 kW
Temperatura máxima de operación	300°C
Presión máxima de operación	12 bar abs
<i>Materiales</i>	
Agitador	Acero Inoxidable AISI-314
Motor	Acero Inoxidable AISI-314
Carcasa del motor	Acero al carbono previamente galvanizado

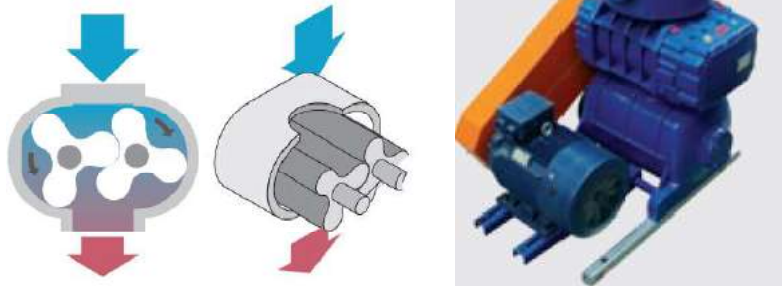
Agitador	
<i>Características generales</i>	
Marca	OPT S.A.
Modelo	VR4 Modificado
Situación	Floculador
<i>Características generales</i>	
Diámetro del agitador	1,7523 m
Diámetros del eje	25 – 160 mm
Velocidad	70 rpm
Potencia	183,65 kW
Temperatura máxima de operación	300°C
Presión máxima de operación	12 bar abs
<i>Materiales</i>	
Agitador	Acero Inoxidable AISI-314
Motor	Acero Inoxidable AISI-314
Carcasa del motor	Acero al carbono previamente galvanizado


Bomba succión	
Características generales	
Marca	Hidráulica Alsina S.A.
Modelo	GF - 80/40
Situación	Decantación primaria
Características del fluido y del proceso	
Caudal	$Q = 67,275 \text{ m}^3/\text{h}$
Profundidad de inmersión	4,60 m
Características de la bomba	
Tipo	Sumergible para succión
Paso de sólidos	65 mm
Diámetro de impulsión	DN - 80
Potencia	4 CV 3 kW
Velocidad	1450 r. p. m.
Tensión	400 V
Frecuencia	50 Hz
Intensidad	6,6 A
Altura manométrica máxima	$H_{\text{manométrica}} = 5 \text{ m. c. a.}$
Materiales	
Cuerpo de la bomba	Fundición Gris
Eje del motor	Acero Inoxidable
Turbina	Fundición Gris
Tornillería	Acero Inoxidable
Cierre mecánico	Cerámica/Grafito
Protección	IP 68
Descripción visual del equipo	
	


Puente móvil	
Características generales	
Marca	Ejecpur S.A.
Situación	Decantador primario
Características generales	
Tipo de puente	Radial
Diámetro interior del recinto	12830 mm
Longitud pasarela	8000 mm
Altura total del recinto en el centro	6040 mm
Altura de la lámina de agua en el centro	4590 mm
Pendiente en la zona cónica	5%
Tipo de pasarela	Metálica perfiles IPE
Ancho pasarela	900 mm
Alto barandilla	950 mm
Diámetro de la campana deflectora	1290 mm
Altura de la campana deflectora	1330 mm
Espesor de la campana	5 mm
Brazos de barrido fondo	Radial soporta rasquetas
Brazos de barrido flotantes	Radial soporta pala llenado
Rascador de fondo	Fijas o móvil espina de pez
Placa base de apoyo inferior	Circula espesor 10 mm
Placa base de apoyo del rodamiento central	Circula espesor 10 mm
Tolva de evacuación de espumas	Circular emergida con placa
Aliviadero perimetral	Piezas de 2000 x 200 mm
Deflector perimetral	Piezas de 2000 x 200 mm
Tubería de salida de flotantes en tolva	DN-150
Materiales	
Construcción pasarela	Acero Carbono S275 JR
Barandilla - Rodapié	Acero Carbono S275 JR
Campana central	Acero Carbono S275 JR
Brazos de barrido fondo	Acero Carbono S275 JR
Tensores de barrido fondo	Acero Carbono S275 JR
Rasquetas barredoras - Placas de apoyo	Acero Carbono S275 JR
Construcción brazo barrido flotantes	Acero Inoxidable AISI-304
Pala de llenado	Acero Inoxidable AISI-304
Aliviadero perimetral	Aluminio anodizado
Deflector	Aluminio anodizado
Accionamiento motor	
Potencia motor	1,1 kW
Velocidad	1420 r.p.m.
Turbina	220/380 V
Frecuencia	60 Hz
Protección	IP 55
Reductor mecánico	Visinfin corona
Velocidad de salida	1,6 r.p.m.
Factor servicio	1,5


Aireación	
Características generales	
Marca	Xylem
Modelo	Difusores Sanitaire Siver de membrada
Tipo de burbuja	Burbuja fina
Situación	Reactor
Especificaciones técnicas	
Diámetro	229 mm
Flujo de aire por banda	6 m ³ /h
Eficiencia de transferencia de oxígeno (SOTE)	6,5% por metro de inmersión
Eficiencia de aireación	4,25 kg O ₂ /kWh
Materiales	
Tubo de descenso	Acero inoxidable AISI 304
Colectores	Acero inoxidable AISI 304
Cabezales de distribución	CPVC
Soportes y pernos de anclaje	Acero inoxidable AISI 304
Empacaduras	EPDM
Material del disco	EPDM de alto grado
Especificaciones requeridas	
Necesidad de aireación	34520,53 kg O ₂ /d
Altura de inmersión	4,36 m
Volumen interno del tanque	6295,25 m ³
Flujo de aire necesario con SOTE = 100%	5192,62 m ³ /h
Flujo de aire necesario con SOTE = 28,27%	18322,58 m ³ /h
Número de difusores	3054
Descripción visual del equipo	
 	


Émbolo rotativo	
<i>Características generales</i>	
Marca	Mapner
Modelo	SEM.85 TRCB.BV/DN350
Situación	Reactor
<i>Especificaciones técnicas</i>	
Motor	1500 r. p. m.
Soplante	1470 r. p. m.
Caudal aspirado de aire	11847 m ³ /h
Incremento de temperatura	59°C
Incremento de presión	400 mbar
Potencia absorbida en el eje del soplante	180,4 kW
Potencia nominal de motor	250 kW
Nivel de Presión Acústica	87 dB(A)
<i>Especificaciones requeridas</i>	
Caudal que necesita ser aspirado	11500 m ³ /h
Número de embolos rotativos	1
<i>Descripción visual del equipo</i>	
 <p>El diagrama a la izquierda muestra dos vistas de un émbolo rotativo: una superior con flechas azules indicando la entrada de aire y una lateral con flechas azules y rojas indicando el flujo de aire. A la derecha se muestra una fotografía del equipo físico, un motor eléctrico azul con un eje de salida y un componente de succión superior.</p>	

Émbolo rotativo	
<i>Características generales</i>	
Marca	Mapner
Modelo	SEM.75 TRCB.BV/DN300
Situación	Reactor
<i>Especificaciones técnicas</i>	
Motor	1500 r. p. m.
Soplante	1450 r. p. m.
Caudal aspirado de aire	6964 m ³ /h
Incremento de temperatura	75°C
Incremento de presión	450 mbar
Potencia absorbida en el eje del soplante	111,5 kW
Potencia nominal de motor	132 kW
Nivel de Presión Acústica	83 dB(A)
<i>Especificaciones requeridas</i>	
Caudal que necesita ser aspirado	6822 m ³ /h
Número de embolos rotativos	1
<i>Descripción visual del equipo</i>	
 <p>El diagrama a la izquierda muestra dos vistas de un émbolo rotativo: una superior con flechas azules indicando la entrada de aire y una lateral con flechas rojas indicando la salida de aire. A la derecha se encuentra una fotografía tridimensional del equipo, que consiste en un motor eléctrico azul montado sobre un soporte metálico, con un eje de transmisión que acciona el émbolo rotativo.</p>	

Bomba sumergida	
Características generales	
Marca	Hidráulica Alsina S.A.
Modelo	AT - 150/4/240 C280
Situación	Reactor
Utilidad	Recirculación de fangos
Características del fluido y del proceso	
Caudal	$Q = 193,83 \text{ m}^3/h$
Profundidad de inmersión	4,36 m
Características de la bomba	
Tipo	Sumergible con impulsor Monocanal
Paso de sólidos	120 mm
Diámetro de impulsión	DN - 150
Potencia de entrada	25,8 kW
Potencia nominal	25 kW
Velocidad	1450 r.p.m.
Tensión	3 ~ 400 V
Frecuencia	50 Hz
Intensidad	47,7 A
Profundidad de inmersión máxima	$H = 20 \text{ m}$
Altura manométrica máxima	$H_{\text{manométrica}} = 21,848 \text{ m.c.a.}$
Valores de pH admitidos	$pH = 6 - 10 \text{ u. pH}$
Temperatura máxima de trabajo	$T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$
Materiales	
Carcasa del motor	Fundición G G 25
Cuerpo de la bomba	Fundición G G 25
Eje del motor	Inox. AISI 420
Turbina	Fundición G G 25
Tornillería	Inox. AISI 420
Juntas	NBR
Protección	IP 68
Descripción visual del equipo	
	

Bomba sumergida	
Características generales	
Marca	Hidráulica Alsina S.A.
Modelo	AT - 150/4/200 C264
Situación	Reactor
Utilidad	Recirculación interna
Características del fluido y del proceso	
Caudal	$Q = 385,1 \text{ m}^3/h$
Profundidad de inmersión	4,36 m
Altura manométrica necesaria	5,36 m
Características de la bomba	
Tipo	Sumergible con impulsor Monocanal
Paso de sólidos	110 mm
Díámetro de impulsión	DN - 150
Potencia	11 kW 15 CV
Velocidad	1450 r. p. m.
Tensión	3 ~ 400 V
Frecuencia	50 Hz
Intensidad	21 A
Profundidad de inmersión máxima	$H = 20 \text{ m}$
Altura manométrica máxima	$H_{\text{manométrica}} = 5,796 \text{ m. c. a.}$
Valores de pH admitidos	$pH = 6 - 10 \text{ u. pH}$
Temperatura máxima de trabajo	$T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$
Materiales	
Carcasa del motor	Fundición G G 25
Cuerpo de la bomba	Fundición G G 25
Eje del motor	Inox. AISI 420
Turbina	Fundición G G 25
Tornillería	Inox. AISI 420
Juntas	NBR
Protección	IP 68
Descripción visual del equipo	
	

Bomba sumergida	
Características generales	
Marca	Hidráulica Alsina S.A.
Modelo	AT - 150/4/240 C275
Situación	Reactor
Utilidad	Recirculación interna
Características del fluido y del proceso	
Caudal	$Q = 500 \text{ m}^3/h$
Profundidad de inmersión	4,36 m
Altura manométrica necesaria	5,36 m
Características de la bomba	
Tipo	Sumergible con impulsor Monocanal
Paso de sólidos	120 mm
Díámetro de impulsión	DN - 150
Potencia	22 kW
	30 CV
Velocidad	1450 r. p. m.
Tensión	3 ~ 400 V
Frecuencia	50 Hz
Intensidad	43 A
Profundidad de inmersión máxima	$H = 20 \text{ m}$
Altura manométrica máxima	$H_{manométrica} = 7,3 \text{ m. c. a.}$
Valores de pH admitidos	$pH = 6 - 10 \text{ u. pH}$
Temperatura máxima de trabajo	$T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$
Materiales	
Carcasa del motor	Fundición G G 25
Cuerpo de la bomba	Fundición G G 25
Eje del motor	Inox. AISI 420
Turbina	Fundición G G 25
Tornillería	Inox. AISI 420
Juntas	NBR
Protección	IP 68
Descripción visual del equipo	
	

Bomba succión	
Características generales	
Marca	Hidráulica Alsina S.A.
Modelo	GL - 80/40
Situación	Decantación secundario
Características del fluido y del proceso	
Caudal	$Q = 50,65 \text{ m}^3/h$
Profundidad de inmersión	4,16 m
Características de la bomba	
Tipo	Sumergible para succión
Paso de sólidos	75 mm
Diámetro de impulsión	DN - 80
Potencia	4 CV
	3 kW
Velocidad	1450 r. p. m.
Tensión	400 V
Frecuencia	50 Hz
Intensidad	6,6 A
Altura manométrica máxima	$H_{manométrica} = 8 \text{ m. c. a.}$
Materiales	
Cuerpo de la bomba	Fundición Gris
Eje del motor	Acero Inoxidable
Turbina	Fundición Gris
Tornillería	Acero Inoxidable
Cierre mecánico	Cerámica/Grafito
Protección	IP 68
Descripción visual del equipo	
	

Puente móvil	
Características generales	
Marca	Ejecpur S.A.
Situación	Decantador secundario
Características generales	
Tipo de puente	Radial
Diámetro interior del recinto	17617 mm
Longitud pasarela	10360 mm
Altura total del recinto en el centro	6320 mm
Altura de la lámina de agua en el centro	4600 mm
Pendiente en la zona cónica	5%
Tipo de pasarela	Metálica perfiles IPE
Ancho pasarela	900 mm
Alto barandilla	950 mm
Diámetro de la campana deflectora	1761,7 mm
Altura de la campana deflectora	960 mm
Espesor de la campana	5 mm
Brazos de barrido fondo	Radial soporta rasquetas
Brazos de barrido flotantes	Radial soporta pala llenado
Rascador de fondo	Fijas o móvil espina de pez
Placa base de apoyo inferior	Circula espesor 10 mm
Placa base de apoyo del rodamiento central	Circula espesor 10 mm
Tolva de evacuación de espumas	Circular emergida con placa
Aliviadero perimetral	Piezas de 2000 x 200 mm
Deflector perimetral	Piezas de 2000 x 200 mm
Tubería de salida de flotantes en tolva	DN-150
Materiales	
Construcción pasarela	Acero Carbono S275 JR
Barandilla - Rodapié	Acero Carbono S275 JR
Campana central	Acero Carbono S275 JR
Brazos de barrido fondo	Acero Carbono S275 JR
Tensores de barrido fondo	Acero Carbono S275 JR
Rasquetas barredoras - Placas de apoyo	Acero Carbono S275 JR
Construcción brazo barrido flotantes	Acero Inoxidable AISI-304
Pala de llenado	Acero Inoxidable AISI-304
Aliviadero perimetral	Aluminio anodizado
Deflector	Aluminio anodizado
Accionamiento motor	
Potencia motor	1,1 kW
Velocidad	1420 r.p.m.
Turbina	220/380 V
Frecuencia	60 Hz
Protección	IP 55
Reductor mecánico	Visinfin corona
Velocidad de salida	1,6 r.p.m.
Factor servicio	1,5

Estudio de Viabilidad Económica

Índice

1. Objetivo.....	5
2. Inversión inicial.....	6
2.1. Inversión en Terrenos.	6
2.2. Inversión en Obra Civil.....	6
2.3. Inversión en Maquinaria.	7
3. Costes directos.....	8
3.1. Costes de reactivos.....	8
3.2. Costes de consumos eléctricos.....	9
3.3. Consumo de agua.....	10
4. Costes indirectos.	11
4.1. Costes de personal.	11
4.2. Amortización.	11
4.3. Otros costes indirectos.	12
5. Beneficios.....	13
6. Flujo de Caja	14
7. Valor Actual Neto	15
8. Tasa Interna de Retorno	16
9. Periodo de Retorno.....	17

Tablas

Tabla 1. Inversión en Terrenos.....	6
Tabla 2. Inversión en Obra Civil.....	6
Tabla 3. Inversión en Maquinaria.....	7
Tabla 4. Inversión Inicial.....	7
Tabla 5. Costes del Cloruro Férrico.....	8
Tabla 6. Costes del Polielectrolito.....	8
Tabla 7. Costes de reactivos.....	8
Tabla 8. Potencia necesaria en la Planta de Tratamiento.....	9
Tabla 9. Costes asociados al consumo eléctrico.....	9
Tabla 10. Costes asociados al consumo de agua.....	10
Tabla 11. Costes Directos.....	10
Tabla 12. Costes de personal.....	11
Tabla 13. Amortización.....	11
Tabla 14. Otros costes indirectos.....	12
Tabla 15. Costes Indirectos.....	12
Tabla 16. Costes Totales.....	12
Tabla 17. Beneficios, Amortizaciones y Flujo de Caja los primeros 10 años.....	14

1. Objetivo.

El objetivo principal de un estudio de viabilidad, es analizar la rentabilidad económica de un proyecto. Para ello se deben examinar tanto la inversión y los gastos que se generan, como los ingresos que se prevén obtener.

Siendo el estudio de viabilidad económica, parte indispensable de un Trabajo Final de Grado.

Teniendo en cuenta que la rentabilidad económica de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no será positiva, el estudio será desarrollado suponiendo que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es una entidad totalmente independiente a los mataderos. Como los mataderos tienen la obligación a nivel legal de tratar el agua residual procedente de su proceso productivo, supondremos que acudirán a la Planta de Tratamiento, la cual tratará el agua por $2,35 \text{ €/m}^3$.

El análisis de la rentabilidad de un proyecto se realiza a partir de una serie de parámetros, como son la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) o el Valor Actual Neto (VAN), que desarrollaremos a partir de la inversión y de los Flujos de Caja (FC).

Asimismo, hay que tener en cuenta que una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales está formada por una línea de agua y una línea de fangos. Sin embargo, la línea de fangos queda fuera del alcance del presente proyecto.

En el presente anexo, se realizará el estudio de viabilidad económica sin tener en cuenta la línea de fangos. Pero se debe tener en cuenta que si se considerará dicha línea, los costes y la inversión inicial aumentarían, y los ingresos se mantendrían constantes. Eso quiere decir que el Flujo de Caja (FC), la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) disminuirían, lo que implica una reducción de la rentabilidad.

2. Inversión inicial.

La inversión inicial está constituida por el conjunto de pagos que se deben realizar para adquirir todos los bienes y servicios necesarios para la implementación del proyecto, o sea para dotarlo de su capacidad operativa.

La inversión en este caso se dividirá en las siguientes categorías: inversión en terrenos, inversión en obra civil e inversión en maquinaria.

2.1. Inversión en Terrenos.

El precio medio del metro cuadrado del suelo en municipios de menos de 1000 habitantes en el segundo trimestre de 2016 asciende a 85,5 €/m² en Castellón.

A partir de este dato se calculará el coste de la parcela para la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Tabla 1: Inversión en Terrenos.

Superficie del terreno (m ²)	11392 m ²
Coste del metro cuadrado (€/m ²)	85,5 €/m ²
Inversión en Terrenos	974.016 €

2.2. Inversión en Obra Civil.

En este grupo se consideran todos los costes asociados a la construcción de la Planta de Tratamiento.

Dentro de los costes asociados a la construcción se deben incluir las Actuaciones Previas, los Movimientos de Tierras y las Estructuras, todos estos costes están debidamente desarrollados en el apartado de *Presupuesto y Estado de Mediciones*. Además, en este grupo se debe añadir el presupuesto desarrollado en el Estudio de Seguridad y Salud puesto que está directamente asociado a la construcción de la obra.

Por tanto, la inversión en Obra Civil se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 2: Inversión en Obra Civil.

Actuaciones Previas (Presupuesto Parcial nº1)	7.404,80 €
Movimiento de Tierras (Presupuesto Parcial nº2)	109.884,36 €
Estructuras (Presupuesto Parcial nº3)	788.119,64 €
Seguridad y Salud	21.043,42 €
Inversión en Obra Civil	926.452,22 €

2.3. Inversión en Maquinaria.

En este grupo se incluyen todos los pagos que se causen por adquisición, transporte, montaje de máquinas, equipos, herramientas, etc.

Tabla 3: Inversión en Maquinaria.

Maquinaria en la etapa de desbaste	12.585,00€
Maquinaria en el tanque de homogeneización	113.918,00 €
Maquinaria en el desarenador - desengrasador	20.811,02 €
Maquinaria en la etapa de coagulación	32.097,78 €
Maquinaria en la etapa de floculación	33.203,11 €
Maquinaria en el decantador primario	20.390,21 €
Maquinaria en la etapa del tratamiento biológico	269.285,00 €
Maquinaria en el decantador secundario	23.656,49 €
Inversión en Maquinaria	525.946,61 €

Esta inversión esta detallada completamente en el apartado *Presupuesto y Estado de Medición*, concretamente dentro del punto 4. *Presupuesto Parcial nº4. Equipos*.

Por tanto, la inversión inicial asciende a la expresada cantidad de DOS MILLONES CUATROCIENTOS VEINTISÉIS MIL CUATROCIENTOS CATORCE EUROS CON OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS.

Tabla 4: Inversión Inicial.

Inversión en Terrenos	974.016 €
Inversión en Obra Civil	926.452,22 €
Inversión en Maquinaria	525.946,61 €
Inversión Inicial Total	2.426.414,83 €

3. Costes directos

Los costes directos son aquellos costes que pueden asociarse directamente a la producción, siendo proporcionales con la cantidad de producto final.

Los costes de directos asociados a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales serán los costes relacionados con los reactivos utilizados, con los consumos eléctricos de los equipos y con los consumos de agua.

3.1. Costes de reactivos.

Uno de los reactivos utilizados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es el Cloruro Férrico, utilizado en la etapa de coagulación. Los costes asociados a este reactivo se desarrollan a continuación.

Tabla 5: Costes del Cloruro Férrico.

Cantidad de Cloruro Férrico	60,84 <i>kg/h</i>
Precio por kilogramo	0,19 €/kg
Coste del Cloruro Férrico cada año	101.262,10 €/año

Otro de los reactivos utilizados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es un Polielectrolito, utilizado en la etapa de floculación. Los costes asociados a este reactivos se desarrollan a continuación.

Tabla 6: Costes del Polielectrolito.

Cantidad de Polielectrolito	58,5 <i>kg/h</i>
Precio por kilogramo	0,377 €/kg
Coste de Polielectrolito cada año	193.197,42 €/año

Por tanto, los costes asociados al consumo de reactivos anualmente, se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 7: Costes de reactivos.

Coste del Cloruro Férrico cada año	101.262,10 €/año
Coste de Polielectrolito cada año	193.197,42 €/año
Costes totales de los reactivos	294.459,52 €/año

3.2. Costes de consumos eléctricos

El coste de electricidad depende del consumo eléctrico de los equipos. Este consumo ha sido calculado a partir de las fichas técnicas de los equipos.

Tabla 8: Potencia necesaria en la Planta de Tratamiento.

Equipo	Etapas del proceso	Potencia unitaria (kW)	Unidades	Potencia total (kW)
Rejas autolimpiantes	Desbaste	0,25 kW	1	0,25 kW
Bomba sumergida	Homogeneización	25,8 kW	1	25,8 kW
Embolo rotativo	Homogeneización	250 kW	5	1250 kW
Embolo rotativo	Desar. - Desengr.	7,5 kW	1	7,5 kW
Bomba succión	Desar. - Desengr.	1,1 kW	1	1,1 kW
Puente móvil	Desar. - Desengr.	1,1 kW	1	1,1 kW
Agitador	Coagulación	99,08 kW	1	99,08 kW
Agitador	Floculación	183,65 kW	1	183,65 kW
Bomba succión	Dec. Primario	3 kW	1	3 kW
Puente móvil	Dec. Primario	1,1 kW	1	1,1 kW
Embolo rotativo	Trat. Biológico	250 kW	1	250 kW
Embolo rotativo	Trat. Biológico	132 kW	1	132 kW
Bomba sumergida	Trat. Biológico	25 kW	1	25 kW
Bomba sumergida	Trat. Biológico	11 kW	1	11 kW
Bomba sumergida	Trat. Biológico	22 kW	2	44 kW
Bomba succión	Dec. Secundario	3 kW	1	3 kW
Puente móvil	Dec. Secundario	1,1 kW	1	1,1 kW
Potencia total				2.038,68 kW

Aunque en el tanque de homogeneización existen dos bombas sumergidas, únicamente se ha tenido en cuenta una, puesto que no se prevé que funcionen las dos a la vez.

La potencia total utilizada por los equipos es de 2.038,68 kW, pero hay que tener en cuenta las pérdidas de potencia de los equipos, la iluminación, etc. Por tanto, se ha considerado oportuno aumentar un 10%, estimando así una potencia total de 2.250 kW.

Una vez conocida la potencia necesaria, y teniendo en cuenta que la Planta de Tratamiento funciona 24 horas todos los días del año. Se obtiene un consumo eléctrico de 19.710.000 kWh anuales.

Tabla 9: Costes asociados al consumo eléctrico.

Consumo eléctrico	19.710.000 kWh anuales
Precio	0,14 €/kWh
Coste total asociado al consumo eléctrico	2.759.400 €/año

3.3.Consumo de agua.

El consumo de agua en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se da en las etapas de floculación y coagulación, diluyendo los reactivos en agua. Aumentando un 25% el agua consumida en esas etapas, se obtiene un consumo estimado de 200 *litros/h*.

Por tanto, los costes asociados al consumo de agua anuales, se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 10: Costes asociados al consumo de agua.

Consumo de agua	200 l/h
Precio del agua	0,65 €/m ³
Coste total asociado al consumo de agua	1.138,80 €/año

Por tanto, los costes directos ascienden a la expresada cantidad de tres millones cincuenta y cuatro mil novecientos noventa y ocho euros con treinta y dos céntimos al año.

Tabla 11: Costes Directos.

Costes totales de los reactivos	294.459,52 €/año
Coste total asociado al consumo eléctrico	2.759.400 €/año
Coste total asociado al consumo de agua	1.138,80 €/año
Costes Directos Totales	3.054.998,32 €/año

4. Costes indirectos.

Los costes indirectos son aquellos costes que no están relacionados proporcionalmente con el producto pero son necesarios para la producción.

Los costes de indirectos asociados a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales serán los costes relacionados el personal, las amortizaciones, la limpieza y el material.

4.1. Costes de personal.

La Planta de Tratamiento contará con un total de cinco empleados, siendo cuatro operarios y un jefe de planta.

El jefe de planta será el encargado de dar las instrucciones necesarias a los operarios según la situación de la Planta de Tratamiento. Además, será responsable de justificar cualquier posible problema existente en la Planta de Tratamiento. El jefe de planta trabajará de lunes a viernes con una jornada de 8 horas diarias.

Los operarios se encargarán del correcto funcionamiento de los equipos, del mantenimiento y reparación de los mismos, de mantener las instalaciones limpias y de cualquier medición que deba realizarse. Los operarios trabajarán 8 horas diarias durante los 7 días de la semana e irán rotando semanalmente los turnos (mañana, tarde y noche), de manera que cada operario trabajará tres semanas y descansará una.

Tabla 12: Costes de personal.

Personal	Unidades	Salario (€/año)	Seguridad Social (€/año)	Coste (€/año)
Jefe de Planta	1	32.200	9.434,60	41.634,60
Operario	4	22.400	6.563,20	115.852,80
Coste Total de Personal				157.487,40 €/año

4.2. Amortización.

La amortización se entiende como la depreciación efectiva que sufren las distintas máquinas por su funcionamiento, uso u obsolescencia.

Tabla 13: Amortización.

Inversión en Maquinaria	525.946,61 €
Periodo de amortización	10 años
Coste de Amortización	52.594,67 €/año

4.3.Otros costes indirectos.

A continuación se presenta una estimación de otros costes indirectos necesarios para que la Planta de Tratamiento pueda funcionar correctamente.

Tabla 14: Otros costes indirectos.

Servicios	Coste (€/año)
Pruebas de laboratorio	10.000
Limpieza del terreno	8.500
Teléfonos	1.500
Materia de oficina	5.000
Coste total asociado a diferentes costes indirectos	25.000 €/año

Por tanto, los costes indirectos ascienden a la expresada cantidad de doscientos treinta y cinco mil ochenta y dos euros con siete céntimos al año.

Tabla15: Costes Indirectos.

Costes totales de los personal	157.487,40 €/año
Coste de Amortización	52.594,67 €/año
Coste total asociado a diferentes costes indirectos	25.000 €/año
Costes Indirectos Totales	235.082,07 €/año

Teniendo en cuenta que los costes totales son la suma de los costes directos y los costes indirectos. Los costes totales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ascienden a la expresada cantidad de TRES MILLONES DOSCIENTOS NOVENTA MIL OCHENTA EUROS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS AL AÑO.

Tabla16: Costes Totales.

Costes Directos Totales	3.054.998,32 €/año
Costes Indirectos Totales	235.082,07 €/año
Costes Totales	3.290.080,39 €/año

5. Beneficios.

El beneficio bruto es el valor que se obtiene al restarle a los ingresos, los costes totales necesarios para llevar a cabo el proceso productivo.

$$\textit{Beneficios brutos} = \textit{Ingresos} - \textit{Costes Totales}$$

En este caso, los ingresos se calculan de la siguiente manera:

$$\textit{Ingresos} = 2,35 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} \cdot 193,83 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 3.990.184,38 \text{ €/año}$$

Por tanto:

$$\textit{Beneficios brutos} = 3.990.184,38 - 3.290.080,39 = 700.103,99 \text{ €/año}$$

El beneficio neto es el valor que se obtiene al restarle al beneficio bruto, los impuestos. Para sociedades, los impuestos se pueden cifrar en un 35% de los beneficios brutos.

$$\textit{Beneficios netos} = \textit{Beneficios brutos} - \textit{Impuestos}$$

$$\textit{Beneficios netos} = 700.103,99 - (0,35 \cdot 700.103,99) = 455.067,59 \text{ €/año}$$

6. Flujo de Caja

El flujo de caja (FC) es la acumulación neta de activos líquidos en un periodo determinado y, por tanto, constituye un indicador importante de la liquidez de una empresa.

$$FC = \text{Beneficios netos} + \text{amortización}$$

En la siguiente tabla se puede observar el flujo de caja de los primeros 10 años teniendo en cuenta un IPC del 3%.

Tabla 17. Beneficios, Amortizaciones y Flujo de Caja los primeros 10 años.

Año	Beneficio neto (€)	Amortizaciones (€)	Flujo de Caja (€)
1	455.067,59	52.594,67	507.662,26
2	468.719,62	54.172,51	522.892,13
3	482.781,21	55.797,69	538.578,90
4	497.264,65	57.471,62	554.736,26
5	512.182,59	59.195,76	571.378,35
6	527.548,06	60.971,64	588.519,70
7	543.374,51	62.800,79	606.175,29
8	559.675,74	64.684,81	624.360,55
9	576.466,01	66.625,35	643.091,37
10	593.759,99	68.624,12	662.384,11
Beneficio neto promedio (€)			
521.684,00			

7. Valor Actual Neto

El Valor Actual Neto (VAN) permite calcular el valor presente de un determinado número de cajas futuras, actualizándolas en función del interés real.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1 + i_r)^n}$$

Donde:

I_0 = Inversión Inicial (€)
 n = Año considerado
 i_r = Interés Real

El interés real es el cociente entre el interés nominal y el IPC. Para realizar los cálculos se ha considerado un IPC del 3% y un interés nominal del 4%.

Si el valor del VAN es positivo, indica que la inversión realizada produce excedentes, por el contrario, si es negativo indica que hay pérdidas. Y si el valor del VAN equivale a cero no se obtienen ni beneficios ni pérdidas.

$$\begin{aligned}
 VAN = & -2.426.414,83 + \frac{507.662,26}{(1 + 0,01)^1} + \frac{522.892,13}{(1 + 0,01)^2} + \frac{538.578,90}{(1 + 0,01)^3} + \frac{554.736,26}{(1 + 0,01)^4} \\
 & + \frac{571.378,35}{(1 + 0,01)^5} + \frac{588.519,70}{(1 + 0,01)^6} + \frac{606.175,29}{(1 + 0,01)^7} + \frac{624.360,55}{(1 + 0,01)^8} \\
 & + \frac{643.091,37}{(1 + 0,01)^9} + \frac{662.384,11}{(1 + 0,01)^{10}} = 2.970.943,41 \text{ €}
 \end{aligned}$$

El VAN calculado es de 2.970.943,41 €, lo cual indica que es un proyecto rentable.

8. Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de Retorno (TIR) representa el valor de interés que hace que el VAN sea cero, por tanto si se financia la planta con un interés inferior al TIR la planta producirá excedentes.

Por tanto el TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad.

$$i \left| -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1+i_r)^n} = 0 \right.$$

$$\begin{aligned} TIR = -2.426.414,83 + \frac{507.662,26}{(1+x)^1} + \frac{522.892,13}{(1+x)^2} + \frac{538.578,90}{(1+x)^3} + \frac{554.736,26}{(1+x)^4} \\ + \frac{571.378,35}{(1+x)^5} + \frac{588.519,70}{(1+x)^6} + \frac{606.175,29}{(1+x)^7} + \frac{624.360,55}{(1+x)^8} \\ + \frac{643.091,37}{(1+x)^9} + \frac{662.384,11}{(1+x)^{10}} = 0 \\ x = 0,1897 \end{aligned}$$

Por tanto, el TIR, en tanto por cien tiene una valor de 18,97% aproximadamente.

9. Periodo de Retorno

El Periodo de Retorno (PR) permite estimar cuánto tardará en recuperarse la inversión inicial.

$$PR = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Beneficio Promedio}} = \frac{2.426.414,83}{521.684,00} = 4,65 \text{ años}$$

Es decir, a partir de los 4,65 años aproximadamente se recuperaría la inversión realizada en la línea de agua de la Planta de Tratamiento.

Gestión de residuos

Índice

1. Objetivo.....	5
2. Identificación de los agentes intervinientes.	5
2.1. El Productor de Residuos de Construcción (Promotor).....	5
2.2. El Poseedor de Residuos de Construcción (Constructor).	6
2.3. Gestor de residuos de construcción.	9
3. Normativa y legislación aplicable.	11
4. Estimación de la cantidad de residuos de construcción que se generarán en la obra..	13
5. Medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.....	21
6. Operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.	23
7. Medidas para la separación de los residuos en obra.....	34
8. Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición.....	36
9. Valoración del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición.	38

Tablas

Tabla 1. Fracciones para la separación de los residuos de construcción y demolición....	7
Tabla 2. Tipos de residuos de construcción y demolición identificados en la obra..	13
Tabla 3. Estimación de la cantidad de residuos generados.....	16
Tabla 4. Estimación del peso por tipología de residuos..	16
Tabla 5. Estimación del volumen de tierras..	17
Tabla 6. Estimación del volumen de residuos de construcción y demolición en la obra...	18
Tabla 7. Previsión de las operaciones de reutilización.....	24
Tabla 8. Previsión de Operaciones de Valoración "in situ" de los residuos generados..	29
Tabla 9. Destino previsto para los residuos no reutilizables ni valorables "in situ".....	30
Tabla 10. Fracciones para la separación de los residuos de los residuos de construcción	34
Tabla 11. Fracciones para la separación de los residuos de los residuos de construcción en la obra objeto de dicho anexo.	34
Tabla 12. Fracciones para la separación de los residuos de los residuos de construcción según la Disposición Final Cuarta del Real Decreto 105/2008	35
Tabla 13. Previsión de las medidas de separación o segregación "in situ"..	35
Tabla 14. Pliego de Prescripciones Técnicas relacionadas con la gestión de los residuos.	36
Tabla 15. Volumen de residuos generados.....	38
Tabla 16. Estimación del coste de tratamiento de los RCDS	38

1. Objetivo.

El objetivo principal del presente anexo es atender a lo dispuesto en el Real Decreto 105/2008 del 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

2. Identificación de los agentes intervinientes.

Los Agentes que intervienen en la Gestión de Residuos de la Construcción del presente proyecto son:

2.1.El Productor de Residuos de Construcción (Promotor).

Las instalaciones se van a ubicar en el matadero que posee la empresa promotora en la localidad de Bejis. Concretamente la instalación de depuración de agua se ubicará en la misma parcela, en la que se ubica el matadero.

El Promotor es el productor de residuos de construcción, por ser la persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en la obra de construcción; además de ser la persona física o jurídica titular del bien inmueble objeto de la obra de construcción. También por ser la persona física o jurídica que efectúe operaciones de tratamiento, de mezcla o de otro tipo, que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de los residuos.

Está obligado a disponer de la documentación que acredite que los residuos de construcción realmente producidos en sus obras han sido gestionados, en su caso, en obra o entregados a una instalación de valorización o de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos recogidos en este Real Decreto y, en particular, en el Estudio de Gestión de Residuos de la Obra o en sus modificaciones. La documentación correspondiente a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.

En aplicación del Artículo 46, de la Ley 10/2000, y sin perjuicio de los registros ya existentes en materia de protección de residuos peligrosos, se crea el Registro de Productores de Residuos de la Comunidad Valenciana. El registro se compone de dos secciones: la sección primera, en la que se inscribirán todas aquellas personas físicas o jurídicas autorizadas para la producción de los residuos peligrosos, y la sección segunda, en la que se inscribirán todas aquellas personas o entidades autorizadas para la producción de los residuos no peligrosos que planteen excepcionales dificultades para su gestión.

2.2.El Poseedor de Residuos de Construcción (Constructor).

El Constructor será determinado por el promotor.

El Contratista principal es el Poseedor de Residuos de Construcción, por ser la persona física o jurídica que tiene en su poder los residuos de construcción y demolición y que no ostenta la condición de gestor de residuos. Tienen la consideración de poseedor la persona física o jurídica que ejecuta la obra de construcción tales como el constructor, los subcontratistas o los trabajadores autónomos. No tendrán la consideración de poseedor de residuos de construcción los trabajadores por cuenta ajena.

Además de las obligaciones previstas en la normativa aplicable, la persona física o jurídica que ejecute la obra estará obligada a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción que se vayan a producir en la obra, en particular las recogidas en el presente Estudio de Gestión de Residuos de la Construcción.

En plan, una vez aprobado por la Dirección Facultativa y aceptado por la propiedad, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

El poseedor de residuos de construcción, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregárselos a un Gestor de Residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización.

La entrega de los residuos de construcción a un gestor por parte del poseedor habrá de constar en documento fehaciente, en el que figure, al menos, la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad, expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/20002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya, y la identificación del gestor de las operaciones de destino.

Cuando el gestor al que el poseedor entregue los residuos de construcción, efectúe únicamente operaciones de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, en el documento de entrega deberá figurar también el gestor de valoración o de eliminación siguiente al que se destinarán los residuos.

En todo caso, la responsabilidad administrativa en relación con la cesión de los residuos de construcción por parte de los poseedores a los gestores se regirá por lo establecido en el Artículo 33 de la Ley 10/1998, de 21 de abril.

El poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentre en su poder a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezclas que impidan o dificulten su posterior valorización o eliminación.

Los residuos de construcción y demolición deberán separarse en las siguientes fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

Tabla 1. Fracciones para la separación de los residuos de construcción y demolición.

Hormigón	80,00 tn.
Ladrillos, tejas, cerámicos	40,00 tn.
Metal	2,00 tn.
Madera	1,00 tn.
Vidrio	1,00 tn.
Plástico	0,50 tn.
Papel y cartón	0,50 tn.

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de construcción dentro de la obra en que se produzcan.

Cuando por falta de espacio físico en la obra no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación recogida en el presente apartado.

El órgano competente en materia medioambiental de la Comunidad Autónoma, la Entidad de Residuos de la Comunidad Valenciana, en que se ubique la obra, de forma excepcional, y siempre que la separación de los residuos no haya sido especificada y presupuestada en el proyecto de obra, podrá eximir al poseedor de los residuos de construcción de la obligación de separación de alguna o de todas las anteriores fracciones.

Los límites establecidos para la separación de los distintos residuos, como puede verse a lo largo de este Estudio, son superados en esta obra, por lo cual el almacenamiento se producirá de forma separada.

El poseedor de los residuos de construcción estará obligado a sufragar los correspondientes costes de gestión y a entregar al productor los certificados y demás documentación acreditativa de la gestión de los residuos a que se hace referencia en el apartado 3, del Real Decreto 105/2008, la documentación correspondiente a cada año natural durante los cinco años siguientes.

Los planes sobre residuos de construcción o las revisiones de los existentes que, de acuerdo con los apartados 4 y 5 del artículo 5 de la Ley 10/1998, de 21 de abril, aprueben las comunidades autónomas o las entidades locales, contendrán como mínimo:

- a) La previsión de la cantidad de residuos de construcción que se producirán durante el período de vigencia del plan, desglosando las cantidades de residuos peligrosos y de residuos no peligrosos, y codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya.
- b) Los objetivos específicos de prevención, reutilización, reciclado, otras formas de valorización y eliminación, así como los plazos para alcanzarlos.
- c) Las medidas a adoptar para conseguir dichos objetivos, incluidas las medidas de carácter económico.
- d) Los lugares e instalaciones apropiados para la eliminación de los residuos.
- e) La estimación de los costes de las operaciones de prevención, valorización y eliminación.
- f) Los medios de financiación.
- g) El procedimiento de revisión.

Los productores y poseedores de residuos urbanos o municipales estarán obligados a entregarlos a las entidades locales o, previa autorización de la entidad local, a un gestor autorizado o registrado conforme a las condiciones y requisitos establecidos en las normas reglamentarias de la Generalitat y en las correspondientes ordenanzas municipales, y, en su caso, a proceder a su clasificación antes de la entrega para cumplir las exigencias previstas por estas disposiciones.

Las entidades locales adquirirán la propiedad de los residuos urbanos desde su entrega y los poseedores quedarán exentos de responsabilidad por los daños que puedan causar tales residuos, siempre que en su entrega se hayan observado las correspondientes ordenanzas y demás normativa aplicable.

Las entidades locales, en el ámbito de sus competencias, estarán obligadas a cumplir los objetivos de valorización fijados en los correspondientes planes locales y autonómicos de residuos, fomentando el reciclaje y la reutilización de los residuos municipales originados en su ámbito territorial.

Las entidades locales competentes podrán obligar a los productores y poseedores de residuos urbanos distintos a los generados en los domicilios particulares, y en especial a los productores de residuos de origen industrial no peligroso, a gestionarlos por sí mismos o a entregarlos a gestores autorizados.

2.3.Gestor de residuos de construcción.

El Gestor será la persona o entidad, pública o privada, que realice cualquiera de las operaciones que componen la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas operaciones y la de los vertederos, después de su cierre, así como su restauración ambiental (Gestión) de los residuos, sea o no el productos de los mismos.

Además de las recogidas en la legislación sobre residuos, el gestor de residuos de construcción cumplirá con las siguientes obligaciones:

- a) En el supuesto de actividades de gestión sometidas a autorización por la legislación de residuos, llevar un registro en el que, como mínimo, figure la cantidad de residuos gestionados, expresada en toneladas y en metro cúbicos, el tipo de residuos, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya, la identificación del productor, del poseedor y de la obra de donde procedan, o del gestor, cuando procedan de otra operación anterior de gestión, el método de gestión aplicado, así como las cantidades, en toneladas y en metro cúbicos, y destinos de los productos y residuos resultantes de la actividad.
- b) Poner a disposición de las administraciones públicas competentes, a petición de las mismas, la información contenida en el registro mencionado en el apartado anterior. La información referida a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.
- c) Extender al poseedor o al gestor que le entregue residuos de construcción y demolición, en los términos recogidos en este Real Decreto, los certificados acreditativos de la gestión de los residuos recibidos, especificando el productor y, en su caso, el número de licencia de la obra de procedencia. Cuando se trata de un gestor que lleve a cabo una operación exclusivamente de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, deberá además transmitir al poseedor o al gestor que le entregó los residuos, los certificados de la operación de valorización o de eliminación subsiguiente a que fueron destinados los residuos.
- d) En el supuesto de que carezca de autorización para gestionar residuos peligrosos, deberá disponer de un procedimiento de admisión de residuos en la instalación que asegure que, previamente al proceso de tratamiento, se detectarán y se separarán, almacenarán adecuadamente y derivarán a gestores autorizados de residuos peligrosos aquellos que tengan este carácter y puedan llegar a la instalación mezclados con residuos no peligrosos de construcción. Esta obligación se entenderá sin perjuicio de las responsabilidades en que pueda incurrir el productor, el poseedor o, en su caso, el gestor precedentes que haya enviado dichos residuos a la instalación.

En aplicación del Artículo 52 de la Ley 10/2000, se crea el Registro General de Gestores Autorizados de Residuos de la Comunidad Valenciana, adscrito a la Conselleria competente en Medio Ambiente. En el registro constarán, como mínimo, los siguientes datos: Datos acreditativos de la identidad del gestor y de su domicilio social. Actividad de gestión y tipo de residuo gestionado. Fecha y plazo de duración de la autorización, así como en su caso de las correspondientes prórrogas.

Las actividades de gestión de residuos peligrosos quedarán sujetas a la correspondiente autorización de la Conselleria competente en Medio Ambiente y se regirán por la normativa básica estatal y por lo establecido en la ley y normas de desarrollo.

Además de las actividades de valorización y eliminación de residuos sometidas al régimen de autorización regulado en el Artículo 50 de la Ley 10/2000, quedarán sometidas al régimen de autorización de la Conselleria competente en Medio Ambiente las actividades de gestión de residuos peligrosos consistentes en la recogida y el almacenamiento de este tipo de residuos, así como su transporte cuando se realice asumiendo el transportista la titularidad del residuo. En todo caso, estas autorizaciones quedarán sujetas al régimen de garantías establecido en el Artículo 49 de la citada Ley.

Cuando el transportista de residuos peligrosos sea un mero intermediario que realice esta actividad por cuenta de terceros, deberá notificarlo a la Conselleria competente en Medio Ambiente, quedando debidamente registrada en forma que reglamentariamente se determine.

Los gestores que realicen actividades de recogida, almacenamiento y transporte quedarán sujetos a las obligaciones que, para la valoración y eliminación, se establecen en el Artículo 50.4 de la Ley 10/2000, con las especificaciones que para este tipo de residuos establezca la normativa estatal.

3. Normativa y legislación aplicable.

Para la elaboración del presente estudio se han tenido presente las siguientes normativas:

- Artículo 45 de la Constitución Española.
- Ley 10/1998, del 21 de abril, de Residuos.
- Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (PNRCD) 2001-2006, aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros, de 1 de junio de 2001.
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se Regula la Producción y Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición.
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las Operaciones de Valorización y Eliminación de Residuos y la lista europea de residuos.
- Ley 10/2000, de 12 de diciembre, de Residuos de la Comunidad Valenciana de Presencia de la Generalitat.

Al presente Proyecto le es de aplicación el Real Decreto 105/2008, según el Artículo 3.1., por producirse residuos de construcción y demolición como; cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de "Residuo" incluida en el artículo 3.A. de la Ley 10/1998, de 21 de abril, se genera en la obra de construcción o demolición, y que en general, no es peligroso, no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble ni combustible, no reacciona física no químicamente no de ninguna otra manera, no es biodegradable, no afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar la salud humana. La lixiviabilidad total, el contenido de contaminantes de residuo y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes, y en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales o subterráneas.

En la misma obra no se generan los siguientes residuos:

- a) Las tierras y piedras no contaminadas por sustancias peligrosas reutilizadas en la misma obra, en una obra distinta o en una actividad de restauración, acondicionamiento o relleno, siempre y cuando pueda acreditarse de forma fehaciente su destino a reutilización.
- b) Los residuos de industrias extractivas regulados por la Directiva 2006/21/CE, de 15 de marzo.

- c) Los lodos de dragado no peligrosos reubicados en el interior de las aguas superficiales derivados de las actividades de gestión de las aguas y de las vías navegables, de prevención de las inundaciones o de mitigación de los efectos de las inundaciones o las sequías, reguladas por el Texto Refundido de la Ley de Aguas, por la Ley 48/2003, de 26 de noviembre, de régimen económico y de prestación de servicios de los puestos de interés general, y por los tratados internacionales de los que España sea parte.

Los residuos que se generen en obras de construcción y estén regulados por legislación específica sobre residuos, cuando estén mezclados con otros residuos de construcción, les han sido de aplicación el Real Decreto 10/2008 en aquellos aspectos no contemplados en aquella legislación.

También le es de aplicación en virtud del Artículo 3.1., de la Ley 10/2000, quien establece que de conformidad con lo dispuesto con carácter básico por la Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos, la citada ley será de aplicación a todo tipo de residuo que se originen o gestione en el ámbito territorial de la Comunidad Valenciana.

Es por ello que se generan según el Artículo 4.1., de la Ley 10/2000, cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o del que tenga la intención o la obligación de desprenderse, perteneciente a alguna de las categorías que se incluyen en el Anexo I de la Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. En todo caso tendrán esta consideración los que figuren en el Catálogo Europeo de Residuos (CER), así como en el Catálogo Valenciano de Residuos.

En la Comunidad Valenciana se estará a lo dispuesto por la Entidad de Residuos de la Comunidad Valenciana, adscrita a la Conselleria competente en Medio Ambiente. Las funciones de la Entidad de Residuos regulada en el Capítulo II del Título I de la Ley 10/2000, hasta el momento en que el Gobierno Valenciano apruebe su Estatuto, se desarrollarán por la Dirección General de Educación y Calidad Ambiental, de la Conselleria de Medio Ambiente.

Tal y como determina el Artículo 22, de la Ley 10/2000, en la Comunidad Valenciana las actividades tanto públicas como privadas de gestión de residuos se ejecutarán conforme a los planes de residuos aprobados por las administraciones públicas competentes.

Los planes de residuos aplicables son: Plan Integral de Residuos, Planes Zonales de Residuos, Planes Locales de Residuos. En la localidad citada donde se ubica la obra no se ha redactado ninguno de los citados planes.

El presente Estudio de Gestión de Residuos de Construcción, se redacta por la imposición dada en el Artículo 4.1.A., del Real Decreto 105/2008, sobre las "Obligaciones del productor de residuos de construcción y demolición", que deberán incluir en el proyecto de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos de construcción.

Además en su Artículo 4.2., del Real Decreto 105/2008, determina que en el caso de obras, cuando se presente un proyecto básico para la obtención de la licencia urbanística, dicho proyecto contendrá, al menos, los documentos referidos en los números 1, 2, 3, 4 y 7 de las letras A y B del apartado 1, de dicho Artículo.

4. Estimación de la cantidad de residuos de construcción que se generarán en la obra.

Se va a proceder a practicar una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

A continuación se describe con un marcado en las casillas azules, para cada tipo de residuos de construcción y demolición (RCD) que se identifique en la obra de los residuos a generar, codificados con arreglo a la Lista Europea de Residuos, publicada por Orden MAM/304/2002 del Ministerio de Medio Ambiente, de 8 de febrero, o sus modificaciones posteriores, en función de las Categorías de Niveles I, II.

Tabla 2. Tipos de residuos de construcción y demolición identificados en la obra.

Descripción según el Artículo 17 del Anexo III de la Orden MAM/304/2002	Código LER	
---	------------	--

A.1.: RCDs Nivel I

1. Tierras y pétreos de la excavación		
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	17 05 04	X
Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 05	17 05 06	X
Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07	17 05 08	X

A.2.: RCDs Nivel II**RCD: Naturaleza no pétreo**

1. Asfalto		
Mezclas Bituminosas distintas a las del código 17 03 01	17 03 02	X
2. Madera		
Madera	17 02 01	X
3. Metales (incluidas sus aleaciones)		
Cobre, bronce, latón	17 04 01	X
Aluminio	17 04 02	X
Plomo	17 04 03	
Zinc	17 04 04	
Hierro y Acero	17 04 05	X
Estaño	17 04 06	
Metales Mezclados	17 04 07	
Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10	17 04 11	
4. Papel		
Papel	20 01 01	X
5. Plástico		
Plástico	17 02 03	X
6. Vidrio		
Vidrio	17 02 02	X
7. Yeso		
Materiales de Construcción a partir de Yeso distintos del especificado en el código 17 08 01	17 08 02	X

RCD: Naturaleza pétreo

1. Arena, grava y otros áridos		
Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados	01 04 08	X
Residuos de arena y arcilla	01 04 09	X
2. Hormigón		
Hormigón	17 01 01	X
Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos	17 01 07	X
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos		
Ladrillos	17 01 02	X
Tejas y Materiales Cerámicos	17 01 03	X
Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos	17 01 07	X
4. Piedra		
RCDs mezclados distintos de los códigos 17 09 01, 02 y 03	17 09 04	X

RCD: Potencialmente peligrosos y otros		
1. Basuras		
Residuos biodegradables	20 02 01	X
Mezclas de residuos municipales	20 03 01	
2. Potencialmente peligrosos y otros		
Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos con sustancias peligrosas (SP's)	17 01 06	
Madera, vidrio o plástico con sustancias peligrosas o contaminadas por ellas	17 02 04	
Mezclas Bituminosas que contienen alquitrán de hulla	17 03 01	X
Alquitrán de hulla y productos alquitranados	17 03 03	X
Residuos Metálicos contaminados con sustancias peligrosas	17 04 09	
Cables que contienen Hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras SP's	17 04 10	
Materiales de Aislamiento que contienen Amianto	17 06 01	
Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas	17 06 03	
Materiales de construcción que contienen Amianto	17 06 05	
Materiales de Construcción a partir de Yeso contaminados con SP's	17 08 01	
Residuos de construcción y demolición que contienen Mercurio	17 09 01	
Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's	17 09 02	
Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's	17 09 03	
Materiales de aislamiento distintos de los 17 06 01 y 17 06 03	17 06 04	X
Tierras y piedras que contienen sustancias peligrosas	17 05 03	
Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas	17 05 05	
Balasto de vías férreas que contienen sustancias peligrosas	17 05 07	
Absorbentes contaminados (trapos...)	15 02 02	
Aceites usados (minerales no clorados de motor..)	13 02 05	
Filtros de aceite	16 01 07	
Tubos fluorescentes	20 01 21	
Pilas alcalinas y salinas	16 06 04	
Pilas botón	16 06 03	
Envases vacíos de metal contaminados	15 01 10	
Envases vacíos de plástico contaminados	15 01 10	
Sobrantes de pintura	08 01 11	X
Sobrantes de disolventes no halogenados	14 06 03	
Sobrantes de barnices	08 01 11	X
Sobrantes de desencofrantes	07 07 01	X
Aerosoles vacíos	15 01 11	
Baterías de plomo	16 06 01	
Hidrocarburos con agua	13 07 03	
RCDs mezclados distintos de los códigos 17 09 01, 02 y 03	17 09 04	

Para la estimación de la cantidad de cada tipo de residuo que se generará en la obra, en toneladas y metros cúbicos, en función de las categorías determinadas en las tablas anteriores, para la Obra Nueva y en ausencia de datos más contrastados, se adopta el criterio de manejarse con parámetros estimativos con fines estadísticos de 20,00 centímetros de altura de mezcla de residuos por metro cuadrado construido según usos con una densidad tipo del orden de $1,50 \text{ Tn}/\text{m}^3$ a $0,50 \text{ Tn}/\text{m}^3$.

Tabla 3. Estimación de la cantidad de residuos generados.

Uso principal de la obra	S	V	d	Tn
	Superficie construida en m^2	Volumen de residuos en m^3 ($S \cdot 0,20$)	Densidad tipo entre 1,50 y $0,50 \text{ Tn}/\text{m}^3$	Toneladas de residuos ($V \cdot d$)
Instalación para depurar	11392	2278,4	1,50	3417,6
			Total (Tn):	3417,6

Una vez se obtiene el dato global de toneladas de RCDs por metro cuadrado construido, se procede a continuación a estimar el peso por tipología de residuos utilizando en ausencia de datos en la Comunidad Valenciana, los estudios realizados por la Comunidad de Madrid de la composición en peso de los RCDs que van a sus vertederos (Plan Nacional de RCSs 2001-2006).

Tabla 4. Estimación del peso por tipología de residuos.

Evaluación teórica del peso por tipología de RCD	% en peso	Tn por cada tipo de residuo
RCD: Naturaleza no pétreo		
1. Asfalto	0,05	170,880
2. Madera	0,04	136,704
3. Metales (incluidas sus aleaciones)	0,025	85,440
4. Papel	0,003	10,253
5. Plástico	0,015	51,264
6. Vidrio	0,005	17,088
7. Yeso	0,002	6,835
Total estimación (Tn)	0,14	478,464
RCD: Naturaleza pétreo		
1. Arena, grava y otros áridos	0,04	136,704
2. Hormigón	0,12	410,112
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	0,54	1845,504
4. Piedra	0,05	170,880
Total estimación (Tn)	0,75	2563,200

RCD: Potencialmente peligrosos y otros		
1. Basura	0,07	239,232
2. Potencialmente peligrosos y otros	0,04	136,704
Total estimación (Tn)	0,11	375,936

Para la estimación del volumen de los RCD según el peso evaluado, se realiza para cada tipo de RCD identificado, tomando además el volumen de tierras y pétreos, no contaminados (RCDs Nivel I) procedentes de la excavación de la obra, se ha calculado con los datos de extracción previstos en el proyecto, como puede verse a continuación:

Tabla 5. Estimación del volumen de tierras.

DEPÓSITO	S	H	V	d	Tn
	Superficie ocupación en m^2	Altura de excavación en m	Volumen de excavación en m^3 ($S \cdot H$)	Densidad tipo $2 Tn/m^3$	Toneladas de residuos ($V \cdot d$)
Canal Recepción	9,272	0,423	3,922	2,00	7,844
Canal Principal	13,58	0,395	5,364	2,00	10,728
Desbaste	0,013	0,423	0,005	2,00	0,011
Homogeneización - Reactor	4948,36	3,7	18308,932	2,00	36617,864
Desarenado - Desengrasado	15,523	1,430	22,199	2,00	44,396
Tanque coagulación	6,606	1,700	11,230	2,00	22,460
Tanque floculación	25,518	4,510	115,085	2,00	230,170
Decantador primario	132,565	3,930	520,980	2,00	1041,960
Decantador secundario	256,480	3,530	905,374	2,00	1810,748
				Total (Tn):	39786,18

Tabla 6. Estimación del volumen de residuos de construcción y demolición en la obra.

Descripción según el Artículo 17 del Anexo III de la Orden MAM/304/2002	Porcentaje de residuo supuesto (%)	Toneladas de residuo (Tn)	Densidad tipo (Tn/m ³)	Volumen de residuos (m ³)
---	------------------------------------	---------------------------	------------------------------------	---------------------------------------

A.1.: RCDs Nivel I

1. Tierras y pétreos de la excavación	1,000			
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	0,850	32857,46	1,50	49286,2
Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 05	0,100	3865,583	1,00	3865,58
Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07	0,050	1932,792	0,50	966,396

A.2.: RCDs Nivel II

RCD: Naturaleza no pétreo

1. Asfalto	0,050			
Mezclas Bituminosas distintas a las del código 17 03 01	0,050	170,880	1,00	170,880
2. Madera	0,040			
Madera	0,040	136,704	1,50	91,136
3. Metales (incluidas sus aleaciones)	0,025			
Cobre, bronce, latón	0,010	34,176	1,50	22,784
Aluminio	0,002	6,835	1,50	4,557
Plomo	0,001	3,418	1,50	2,278
Zinc	0,001	3,418	1,50	2,278
Hierro y Acero	0,005	17,088	1,50	11,392
Estaño	0,001	3,418	1,50	2,278
Metales Mezclados	0,001	3,418	1,50	2,278
Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10	0,004	13,670	1,50	9,114
4. Papel	0,003			
Papel	0,003	10,253	0,75	13,670
5. Plástico	0,015			
Plástico	0,015	51,264	0,75	68,352
6. Vidrio	0,005			
Vidrio	0,005	17,088	1,00	17,088
7. Yeso	0,002			
Materiales de Construcción a partir de Yeso distintos del especificado en el código 17 08 01	0,002	6,835	1,50	4,557

RCD: Naturaleza pétreo				
1. Arena, grava y otros áridos	0,040			
Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados	0,025	85,440	1,50	56,960
Residuos de arena y arcilla	0,015	51,264	1,50	34,176
2. Hormigón	0,120			
Hormigón	0,090	307,584	1,50	205,056
Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos	0,030	102,528	1,50	68,352
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	0,540			
Ladrillos	0,250	854,400	1,25	683,520
Tejas y Materiales Cerámicos	0,200	683,520	1,25	546,816
Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos	0,090	307,584	1,25	246,067
4. Piedra	0,050			
RCDs mezclados distintos de los códigos 17 09 01, 02 y 03	0,050	170,880	1,50	113,920

RCD: Potencialmente peligrosos y otros				
1. Basuras	0,070			
Residuos biodegradables	0,040	136,704	0,75	182,272
Mezclas de residuos municipales	0,030	102,528	0,80	128,160
2. Potencialmente peligrosos y otros	0,04			
Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos con sustancias peligrosas (SP's)	0,001	3,418	0,60	5,696
Madera, vidrio o plástico con sustancias peligrosas o contaminadas por ellas	0,001	3,418	0,60	5,696
Mezclas Bituminosas que contienen alquitrán de hulla	0,001	3,418	0,60	5,696
Alquitrán de hulla y productos alquitranados	0,003	10,253	0,70	14,647
Residuos Metálicos contaminados con sustancias peligrosas	0,001	3,418	0,60	5,696
Cables que contienen Hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras SP's	0,001	3,418	0,60	5,696
Materiales de Aislamiento que contienen Amianto	0,0001	0,342	0,60	0,570
Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas	0,001	3,418	0,60	5,696
Materiales de construcción que contienen Amianto	0,0001	0,342	0,60	0,570
Materiales de Construcción a partir de Yeso contaminados con SP's	0,001	3,418	0,60	5,696
Residuos de construcción y demolición que contienen Mercurio	0,0001	0,342	0,60	0,570
Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's	0,001	3,418	0,60	5,696
Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's	0,004	13,670	0,70	19,529

Materiales de aislamiento distintos de los 17 06 01 y 17 06 03	0,0001	0,342	0,60	0,570
Tierras y piedras que contienen sustancias peligrosas	0,0001	0,342	0,60	0,570
Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas	0,001	3,418	0,60	5,696
Balasto de vías férreas que contienen sustancias peligrosas	0,001	3,418	0,60	5,696
Absorbentes contaminados (trapos...)	0,002	6,835	0,60	11,392
Aceites usados (minerales no clorados de motor..)	0,0001	0,342	0,60	0,570
Filtros de aceite	0,0001	0,342	0,60	0,570
Tubos fluorescentes	0,001	3,418	0,60	5,696
Pilas alcalinas y salinas	0,0001	0,342	0,60	0,570
Pilas botón	0,0001	0,342	0,60	0,570
Envases vacíos de metal contaminados	0,001	3,418	0,60	5,696
Envases vacíos de plástico contaminados	0,001	3,418	0,60	5,696
Sobrantes de pintura	0,005	17,088	0,70	24,411
Sobrantes de disolventes no halogenados	0,005	17,088	0,70	24,411
Sobrantes de barnices	0,002	6,835	0,60	11,392
Sobrantes de desencofrantes	0,002	6,835	0,60	11,392
Aerosoles vacíos	0,001	3,418	0,60	5,696
Baterías de plomo	0,0001	0,342	0,60	0,570
Hidrocarburos con agua	0,001	3,418	0,60	5,696
RCDs mezclados distintos de los códigos 17 09 01, 02 y 03	0,001	3,418	0,60	5,696

5. Medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.

En el presente punto se justificarán las medidas tendentes a la prevención en la generación de residuos de construcción y demolición. Además, en la fase de proyecto de la obra se ha tenido en cuenta las alternativas de diseño y constructivas que generan menos residuos en la fase de construcción y explotación, y aquellas que favorezcan el desmantelamiento ambientalmente correcto de las obras al final de su vida útil.

Los RCDs correspondientes a la familia de "Tierras y Pétreos de la Excavación", se ajustarán a las dimensiones específicas del Proyecto, en cuanto a los Planos de Cimentación y siguiendo las pautas del Estudio Geotécnico, del suelo donde se va a proceder a excavar. Se estudiarán los casos de la existencia de Lodos de Drenaje, debiendo de acortar la extensión de las bolsas de los mismos.

Respecto de los RCDs de "Naturaleza No Pétreo", se atenderán a las características cualitativas y cuantitativas, así como las funcionales de los mismos.

En referencia a las mezclas bituminosas, se pedirán para su suministro las piezas justas en dimensión y extensión para evitar los sobrantes innecesarios. Antes de la colocación se planificará la forma de la ejecución para proceder a la apertura de las piezas mínimas y que se queden dentro de los envases los sobrantes no ejecutados.

Respecto a los productos derivados de la madera, esta se replanteará junto con el oficial de carpintería a fin de utilizar el menor número de piezas y se pueda economizar de alguna manera el posible consumo.

Los elementos metálicos, incluidas sus aleaciones, se pedirán los mínimos y necesarios a fin de proceder a la ejecución de los trabajos donde se deban de utilizarse. El cobre, bronce y latón se aportará a la obra en las condiciones prevista en su envasado, con el número escueto según la dimensión determinada en el Proyecto y siguiendo antes de su colocación de la planificación correspondiente a fin de evitar el mínimo número de recortes y elementos sobrantes.

Respecto al uso del aluminio, se exigirá por el carpintero metálico, que aporte todas las secciones y dimensiones fijas del taller, no produciéndose trabajos dentro de la obra, a excepción del montaje de los correspondientes kits prefabricados.

Para el plomo se aportará un estudio de planificación de los elementos a colocar con sus dimensiones precisas, así como el suministro correspondiente siguiendo las pautas de dichas cuantificaciones mensurables.

El zinc, estaño y metales mezclados se aportará, también a la obra en las condiciones prevista en su envasado, con el número escueto según la dimensión determinada en el Proyecto y siguiendo antes de su colocación, la planificación correspondiente a fin de evitar al mínimo el número de recortes y elementos sobrantes.

Respecto al hierro y al acero, tanto el ferrallista, el cerrajero, como el carpintero metálico, deberán aportar todas las secciones y dimensiones fijas del taller, no produciéndose trabajos dentro de la obra, a excepción del montaje de los correspondientes kits prefabricados.

Los materiales derivados de los envasados como el papel o plástico, se solicitará de los suministrados el aporte en obra con el menor número de embalaje, renunciando al superfluo o decorativo.

En cuanto a los RCD de Naturaleza Pétreo, se evitará la generación de los mismos como sobrantes de producción en el proceso de fabricación, devolviendo en lo posible al proveedor las partes del material que no se fuesen a colocar. Los residuos de grava, y rocas trituradas así como los residuos de arena y arcilla, se intentará en la medida de lo posible reducirlos a fin de economizar la forma de su colocación y ejecución. Si se puede los sobrantes inertes se reutilizaran en otras partes de la obra.

El aporte de hormigón, se intentará en la medida de lo posible utilizar la mayor cantidad de fabricado en central. El fabricado "in situ", deberá justificarse a la Dirección Facultativa, quien controlará las capacidades de fabricación. Los pedidos a la central se adelantarán siempre como por "defecto" que con "exceso". Si existiera en algún momento sobrante deberá utilizarse en partes de la obra que se deje para estos menesteres, por ejemplo soleras en planta baja o sótanos, acerados, etc..

Los restos de ladrillos, tejas y materiales cerámicos, deberán limpiarse de las partes de aglomerantes y estos restos se reutilizarán para su reciclado, se aportará, también a la obra en las condiciones previstas en su envasado, con el número escueto según la dimensión determinada en Proyecto y siguientes antes de su colocación de la planificación correspondiente a fin de evitar el mínimo número de recortes y elementos sobrantes.

6. Operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.

El desarrollo de la actividad de valorización de residuos de construcción y demolición requerirá autorización previa de la entidad de residuos de la Comunidad Valenciana, en los términos establecido por la Ley 10/1998, de 21 de abril.

La autorización podrá ser otorgada para una o varias de las operaciones que se vayan a realizar, y sin perjuicio de las autorizaciones o licencias exigidas por cualquier otra normativa aplicable a la actividad. Se otorgará por un plazo de tiempo determinado, y podrá ser renovada por períodos sucesivos.

La autorización sólo se concederá previa inspección de las instalaciones en las que vaya a desarrollarse la actividad y comprobación de la cualificación de los técnicos responsables de su dirección y de que está prevista la adecuada formación profesional del personal encargado de su explotación.

Los áridos reciclados obtenidos como producto de una operación de valorización de residuos de construcción y demolición deberán cumplir los requisitos técnicos y legales para el uso a que se destinen.

La legislación de las comunidades autónomas podrá eximir de la autorización administrativa regulada en los apartados 1, 2 y 3 del Artículo 8, del Real Decreto 105/2008, a los poseedores que se ocupen de la valorización de los residuos no peligrosos de construcción y demolición en la misma obra en que se han producido, fijando los tipos y cantidades de residuos y las condiciones en las que la actividad puede quedar dispensada de la autorización.

Las actividades de valorización de residuos reguladas se ajustarán a lo establecido en el proyecto de obra. En particular, la Dirección Facultativa de la obra deberá aprobar los medios previstos para dicha valorización in situ.

En todo caso, estas actividades se llevarán a cabo sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos ni métodos que perjudiquen al medio ambiente y, en particular, el agua, el aire, el suelo, la fauna o la flora, sin provocar molestias por ruido, ni olores y sin dañar el paisaje y los espacios naturales que gocen de algún tipo de protección de acuerdo con la legislación aplicable.

Las actividades a las que sea de aplicación la exención definidas anteriormente deberán quedar obligatoriamente registradas en la forma que establezcan las comunidades autónomas.

La actividad de tratamiento de residuos de construcción y demolición mediante una planta móvil, cuando aquella se lleva a cabo en un centro fijo de valorización o de eliminación de residuos, deberá preverse en la autorización otorgada a dicho centro fijo, y cumplir con los requisitos establecidos en la misma.

Se prohíbe el depósito en vertedero de residuos de construcción y demolición que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento previo.

La anterior prohibición no se aplicará a los residuos inertes cuyo tratamiento sea técnicamente inviable ni a los residuos de construcción y demolición cuyo tratamiento no contribuya a los objetos establecidos en el Artículo 1 del Real Decreto 105/2008, no a reducir los peligros para la salud humana o el medio ambiente.

La legislación de las comunidades autónomas podrá eximir de la aplicación del apartado anterior a los vertederos de residuos no peligrosos o inertes de construcción o demolición en poblaciones aisladas que cumplan con la definición que para este concepto recoge el Artículo 2 del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, siempre que el vertedero se destine a la eliminación de residuos generados únicamente en esa población aislada.

Los titulares de actividades en las que se desarrollen operación de recogida, transporte y almacenamiento de residuos no peligrosos de construcción y demolición deberán notificarlos a la Entidad de Residuos de la Comunidad Valenciana, como órgano competentes en materia medioambiental de la comunidad autónoma, quedando debidamente registradas estas actividades en la forma que establezca la legislación de las comunidades autónomas podrá someter a autorización el ejercicio de estas actividades.

La utilización de residuos inertes procedentes de actividades de construcción o demolición en la restauración de un espacio ambientalmente degradado, en obras de acondicionamiento o relleno, podrá ser considerada una operación de valorización, y no una operación de eliminación de residuos en vertedero, cuando se cumplan los siguientes requisitos:

- a) Que la Entidad de Residuos de la Comunidad Valenciana, como órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma así lo haya declarado antes del inicio de las operaciones de gestión de los residuos.
- b) Que la operación se realice por un Gestor de residuos sometido a autorización administrativa de valorización de residuos. No se exigirá autorización de Gestor de residuos para el uso de aquellos materiales obtenidos en una operación de valorización de residuos de construcción y demolición que no posean la calificación jurídica de residuo y cumplan los requisitos técnicos y legales para el uso al que se destinen.
- c) Que el resultado de la operación sea la sustitución de recursos naturales que, en caso contrario, deberían haberse utilizado para cumplir el fin buscado con la obra de restauración, acondicionamiento o relleno.

Los requisitos establecidos en el Apartado 1, del Real Decreto 105/2008, se exigirán sin perjuicio de la aplicación, en su caso, del Real Decreto 2994/1982, de 15 de octubre, sobre restauración de espacios naturales afectados por actividades extractivas.

Las administraciones públicas fomentarán la utilización de materiales y residuos inertes procedentes de actividades de construcción o demolición en la restauración de espacios ambientalmente degradados, obras de acondicionamiento o relleno, cuando se cumplan los requisitos establecidos en el Apartado 1, del Real Decreto 105/2008. En particular, promoverán acuerdos voluntarios entre los responsables de la correcta gestión de los residuos y los responsables de la restauración de los espacios ambientalmente degradados, o con los titulares de obras de acondicionamiento o relleno.

La eliminación de los residuos se realizará, en todo caso, mediante sistemas que acrediten la máxima seguridad con la mejor tecnología disponible y se limitará a aquellos residuos o fracciones residuales no susceptibles de valorización de acuerdo con las mejores tecnologías disponibles.

Se procurará que la eliminación de residuos se realice en las instalaciones adecuadas más próximas y su establecimiento deberá permitir, a la Comunidad Valenciana, la autosuficiencia en la gestión de todos los residuos originados en su ámbito territorial.

Todo residuo potencialmente valorizable deberá ser destinado a este fin, evitando su eliminación de acuerdo con el Número 1 del Artículo 18, de la Ley 10/2000.

De acuerdo con la normativa de la Unión Europea, reglamentariamente se establecerán los criterios técnicos para la construcción y explotación de cada clase de vertedero, así como el procedimiento de admisión de residuos en los mismos. A estos efectos, deberá distinguirse las siguientes clases de vertederos.

- Vertederos para residuos peligrosos.
- Vertederos para residuos no peligrosos.
- Verteros para residuos inertes.

En la Comunidad Valenciana, las operaciones de gestión de residuos se llevarán a cabo sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos ni métodos que puedan perjudicar el medio ambiente y, en particular, sin crear riesgos para el agua, el aire o el suelo, ni para la fauna o flora, sin provocar incomodidades por el ruido o los olores y sin atentar contra los paisajes y lugares de especial interés.

Queda prohibido el abandono, vertido o eliminación incontrolado de residuos en todo el territorio de la Comunidad Valenciana, así como toda mezcla o dilución de los mismos que dificulte su gestión.

Los residuos pueden ser gestionados por los productores o poseedores en los propios centros que se generan o en plantas externas, quedando sometidos al régimen de intervención administrativa establecido en la Ley 10/2000, en función de la categoría de residuo de que se trate.

Asimismo, para las actividades de eliminación de residuos urbanos o municipales o para aquellas operaciones de gestión de residuos no peligrosos que se determinen

reglamentariamente, podrá exigirse un seguro de responsabilidad civil o la prestación de cualquier otra garantía financiera que, a juicio de la administración autorizante y con el alcance que reglamentariamente se establezca, sea suficiente para cubrir el riesgo de la reparación de daños y del deterioro del medio ambiente y la correcta ejecución del servicio.

Las operaciones de valorización y eliminación de residuos deberán estar autorizadas por la Conselleria competente en Medio Ambiente, que la concederá previa comprobación de las instalaciones en las que vaya a desarrollarse la actividad y sin perjuicio de las demás autorizaciones o licencias exigidas por otras disposiciones.

Las operaciones de valorización y eliminación deberán ajustarse a las determinaciones contenidas en los Planes Autonómicos de Residuos y en los requerimientos técnicos que reglamentariamente se desarrollen para cada tipo de instalación teniendo en cuenta las tecnologías menos contaminantes, de conformidad con lo establecido en los Artículo 18 y 19 de la Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.

Estas autorizaciones, así como sus prórrogas, deberán concederse por tiempo determinado. En los supuestos de los residuos peligrosos, las prórrogas se concederán previa inspección de las instalaciones. En los restantes supuestos, la prórroga se entenderá concedida por anualidades, salvo manifestación expresa de los interesados o la administración.

Los gestores que realicen alguna de las operaciones reguladas en el presente Artículo deberán estar inscritos en el Registro General de Gestores de Residuos de la Comunidad Valenciana y llevarán un registro documental en el que harán constar la cantidad, naturaleza, origen, destino, frecuencia de recogida, método de valorización o eliminación de los residuos gestionados. Dicho registro estará a disposición de la Conselleria competente en Medio Ambiente, debiendo remitir resúmenes anuales en la forma y con el contenido que se determine reglamentariamente.

La Generalitat establecerá reglamentariamente para cada tipo de actividad las operaciones de valorización y eliminación de residuos no peligrosos realizadas por los productores en sus propios centros de producción que podrán quedar exentas de autorización administrativa.

Estas operaciones estarán sujetas a la obligatoria notificación e inscripción en el Registro General de Gestores de Residuos de la Comunidad Valenciana.

Los titulares de actividades en las que se desarrollen operaciones de gestión de residuos no peligrosos distintas a la valorización o eliminación deberán notificarlo a la conselleria competente en medio ambiente.

Las operaciones de eliminación consistentes en el depósito de residuos en vertederos deberá realizarse de conformidad con lo establecido en la presente ley y sus normas de desarrollo, impidiendo o reduciendo cualquier riesgo para la salud humana así como los

efectos negativos en el medio ambiente y, en particular, la contaminación de las aguas superficiales, las aguas subterráneas, el suelo y el aire, incluido el efecto invernadero.

Las obligaciones establecidas en el apartado anterior serán exigibles durante todo el ciclo de vida del vertedero, alcanzando las actividades de mantenimiento y vigilancia y control hasta al menos 30 años después de su cierre.

Sólo podrán depositarse en un vertedero, independientemente de su clase, aquellos residuos que hayan sido objeto de tratamiento. Esta disposición no se aplicará a los residuos inertes cuyo tratamiento sea técnicamente inviable o a aquellos residuos cuyo tratamiento no contribuya a impedir o reducir los peligros para el medio ambiente o para la salud humana.

Los residuos que se vayan a depositar en un vertedero, independiente de su clase, deberán cumplir con los criterios de admisión que se desarrollen reglamentariamente.

Los vertederos de residuos peligrosos podrán acoger solamente aquellos residuos peligrosos que cumplan con los requisitos que se fijarán reglamentariamente de conformidad con el Anexo II de la Directiva 1999/31/CE, de 26 de abril, del Consejo de la Unión Europea.

Los vertederos de residuos no peligrosos podrán acoger:

- Los residuos urbanos o municipales.
- Los residuos no peligrosos de cualquier otro origen que cumplan los criterios de admisión de residuos en vertederos para residuos no peligrosos que se establecerán reglamentariamente de conformidad con el Anexo II de la Directiva 1999/31/CE, de 26 de abril, del Consejo de la Unión Europea.
- Los residuos no reactivos peligrosos, estables (por ejemplo solidificados o vitrificados), cuyo comportamiento de lixiviación sea equivalente al de los residuos no peligrosos mencionados en el apartado anterior y que cumplan con los pertinentes criterios de admisión que se establezcan al efecto. Dichos residuos peligrosos no se depositarán en compartimentos destinados a residuos no peligrosos biodegradables.

Los vertederos de residuos inertes sólo podrán acoger residuos inertes.

La Conselleria competente en Medio Ambiente elaborará programas para la reducción de los residuos biodegradables destinados a vertederos, de conformidad con las pautas establecidas en la estrategia nacional en cumplimiento con lo dispuesto en la Directiva 1999/31/CE, de 26 de abril, del Consejo de la Unión Europea.

No se admitirán en los vertederos:

- a) Residuos líquidos.
- b) Residuos que, en condiciones de vertido, sean explosivos o corrosivos, oxidantes, fácilmente inflamables o inflamables con arreglo a las definiciones de la Tabla 5 del Anexo 1 del Real Decreto 952/1997, de 20 de junio.
- c) Residuos de hospitales u otros residuos clínicos procedentes de establecimientos médicos o veterinarios y que sean infecciosos con arreglo a la definición de la Tabla 5 del Anexo 1 del Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, y residuos de la categoría 14 de la parte A de la Tabla 3 del Anexo 1 del citado Real Decreto 952/1997, de 20 de junio.
- d) Neumáticos usados enteros, a partir de dos años desde la entrada en vigor de esta ley, con exclusión de los neumáticos utilizados como material de ingeniería y neumáticos usados reducidos a tiras, a partir de cinco años después de la mencionada fecha, con exclusión en ambos casos de los neumáticos de bicicleta y de los neumáticos cuyo diámetro sea superior a 1400 milímetros.
- e) Cualquier otro tipo de residuo que no cumpla los criterios de admisión que se establezcan de conformidad con la normativa comunitaria.

Queda prohibida la dilución o mezcla de residuos únicamente para cumplir los criterios de admisión de los residuos, ni antes ni durante las operaciones de vertido.

Además de lo previsto en este Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición, las operaciones y actividades en las que los trabajadores estén expuestos o sean susceptibles de estar expuestos a fibras de amianto o de materiales que lo contengan se regirán, en lo que se refiere a prevención de riesgos laborales, por el Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajadores con riesgo de exposición al amianto.

En cuanto a la Previsión de operaciones de Reutilización, se adopta el criterio de establecerse "en la misma obra" o por el contrario "en emplazamientos externos". En este último caso se identifica el destino previsto.

Para ello se han marcado en las casillas azules, según lo que se prevea aplicar en la obra.

La columna de "destino previsto inicialmente" se opta por:

- a) Propia obra.
- b) Externo.

Tabla 7. Previsión de las operaciones de reutilización.

	Operación prevista	Destino previsto inicialmente
X	No se prevé operación de reutilización alguna	
	Reutilización de tierras procedentes de la excavación	
	Reutilización de residuos minerales o petreos en áridos reciclados o en urbanización	
	Reutilización de materiales cerámicos	
	Reutilización de materiales no pétreos: madera, vidrio...	
	Reutilización de materiales metálicos	
	Otros (indicar)	

Respecto a la Previsión de Operaciones de Valoración "in situ" de los residuos generados, se aportan la previsión en las casillas azules, de las que se prevean en la obra.

Tabla 8. Previsión de Operaciones de Valoración "in situ" de los residuos generados.

X	No se prevé operación alguna de valoración "in situ"
	Utilización principal como combustible o como otro medio para generar energía
	Recuperación o regeneración de disolventes
	Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que utilizan no disolventes
	Reciclado y recuperación de metales o compuestos metálicos
	Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas
	Regeneración de ácidos y bases
	Tratamiento de suelos, para una mejora ecológica de los mismos
	Acumulación de residuos para su tratamiento según el Anexo II.B de la Decisión Comisión 96/350/CE
	Otros (indicar)

Por último, en cuanto al destino previsto para los residuos no reutilizables ni valorables "in situ" se indica a continuación las características y cantidades de cada tipo de residuos. En la casilla de cantidad se ha colocado la estimación realizada en el punto anterior para los casos que se ha tenido en consideración. La columna de "destino" esta predefinida. En el caso de que sea distinta la realidad se ha especificado. Como por ejemplo: el residuo hormigón se puede destinar a un Vertedero o Cantera autorizada, en lugar de a Planta de Reciclaje.

Tabla 9. Destino previsto para los residuos no reutilizables ni valorables "in situ".

Descripción según el Artículo 17 del Anexo III de la Orden MAM/304/2002	Tratamiento	Destino	Cantidad
---	-------------	---------	----------

A.1.: RCDs Nivel I

1. Tierras y pétreos de la excavación			
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03		Restauración /Vertedero	
Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 05			
Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07			

A.2.: RCDs Nivel II
RCD: Naturaleza no pétreo
1. Asfalto

Mezclas Bituminosas distintas a las del código 17 03 01	Reciclado	Planta de Reciclaje RCD	
---	-----------	-------------------------	--

2. Madera

Madera	Reciclado	Gestor autorizado RNP	
--------	-----------	-----------------------	--

3. Metales (incluidas sus aleaciones)

Cobre, bronce, latón	Reciclado	Gestor autorizado de Residuos No Peligrosos (RNP)	
Aluminio	Reciclado		
Plomo			
Zinc			
Hierro y Acero	Reciclado		
Estaño			
Metales Mezclados			
Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10			

4. Papel

Papel	Reciclado	Gestor autorizado RNP	
-------	-----------	-----------------------	--

5. Plástico

Plástico	Reciclado	Gestor autorizado RNP	
----------	-----------	-----------------------	--

6. Vidrio

Vidrio	Reciclado	Gestor autorizado RNP	
--------	-----------	-----------------------	--

7. Yeso

Materiales de Construcción a partir de Yeso distintos del especificado en el código 17 08 01	Reciclado	Gestor autorizado RNP	
--	-----------	-----------------------	--

RCD: Naturaleza pétreo			
1. Arena, grava y otros áridos			
Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados	Reciclado	Planta de Reciclaje RCD	
Residuos de arena y arcilla	Reciclado		
2. Hormigón			
Hormigón	Reciclado	Planta de Reciclaje RCD	
Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos	Reciclado		
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos			
Ladrillos	Reciclado	Planta de Reciclaje RCD	
Tejas y Materiales Cerámicos	Reciclado		
Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos	Reciclado		
4. Piedra			
RCDs mezclados distintos de los códigos 17 09 01, 02 y 03	Reciclado	Planta de Reciclaje RCD	

RCD: Potencialmente peligrosos y otros			
1. Basuras			
Residuos biodegradables	Reciclado / Vertedero	Planta RSU	
Mezclas de residuos municipales			
2. Potencialmente peligrosos y otros			
Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos con sustancias peligrosas (SP's)			
Madera, vidrio o plástico con sustancias peligrosas o contaminadas por ellas			
Mezclas Bituminosas que contienen alquitrán de hulla	Tratamiento / Depósito	Gestor autorizado RP	
Alquitrán de hulla y productos alquitranados	Tratamiento / Depósito		
Residuos Metálicos contaminados con sustancias peligrosas			
Cables que contienen Hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras SP's			
Materiales de Aislamiento que contienen Amianto			
Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas			

Materiales de construcción que contienen Amianto			
Materiales de Construcción a partir de Yeso contaminados con SP's			
Residuos de construcción y demolición que contienen Mercurio			
Residuos de construcción y demolición que contienen PCB's			
Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's			
Materiales de aislamiento distintos de los 17 06 01 y 17 06 03			
Tierras y piedras que contienen sustancias peligrosas			
Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas			
Balasto de vías férreas que contienen sustancias peligrosas			
Absorbentes contaminados (trapos...)			
Aceites usados (minerales no clorados de motor..)			
Filtros de aceite			
Tubos fluorescentes			
Pilas alcalinas y salinas			
Pilas botón			
Envases vacíos de metal contaminados			
Envases vacíos de plástico contaminados			
Sobrantes de pintura	Tratamient o / Depósito	Gestor autorizado RP	
Sobrantes de disolventes no halogenados			
Sobrantes de barnices	Tratamient o / Depósito	Gestor autorizado RP	
Sobrantes de desencofrantes	Tratamient o / Depósito		
Aerosoles vacíos			
Baterías de plomo			
Hidrocarburos con agua			
RCDs mezclados distintos de los códigos 17 09 01, 02 y 03			

7. Medidas para la separación de los residuos en obra.

Los residuos de construcción y demolición deberán separarse en las siguientes fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

Tabla 10. Fracciones para la separación de los residuos de los residuos de construcción.

Hormigón	80,00 tn.
Ladrillos, tejas, cerámicos	40,00 tn.
Metal	2,00 tn.
Madera	1,00 tn.
Vidrio	1,00 tn.
Plástico	0,50 tn.
Papel y cartón	0,50 tn.

Los residuos de construcción y demolición que se obtienen a partir de la suposición hecha son los siguientes:

Tabla 11. Fracciones para la separación de los residuos de los residuos de construcción en la obra objeto de dicho anexo.

Hormigón	410,112 tn.
Ladrillos, tejas, cerámicos	1845,504 tn.
Metal	85,440 tn.
Madera	136,704 tn.
Vidrio	17,088 tn.
Plástico	51,264 tn.
Papel y cartón	10,253 tn.

Por lo cual deberán separarse fracciones, tal como determina la normativa.

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra en que se produzcan.

Cuando por falta de espacio físico en la obra no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa de la obra.

En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación recogida en el presente apartado.

El órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma, la Entidad de Residuos de la Comunidad Valenciana, en que se ubique la obra, de forma excepcional, y siempre que la separación de los residuos no haya sido especificada y presupuestada en el proyecto de obra, podrá eximir al poseedor de los residuos de construcción y demolición de la obligación de separación de alguna o de todas las anteriores fracciones.

No obstante en aplicación de la Disposición Final Cuarta del Real Decreto 105/2008, las obligaciones de separación previstas en dicho Artículo serán exigibles en las obras iniciadas transcurridos seis meses desde la entrada en vigor del Real Decreto en las siguientes fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las cantidades expuestas a continuación:

Tabla 12. Fracciones para la separación de los residuos de los residuos de construcción según la Disposición Final Cuarta del Real Decreto 105/2008.

Hormigón	160,00 tn.
Ladrillos, tejas, cerámicos	80,00 tn.
Metal	40,00 tn.
Madera	20,00 tn.
Vidrio	2,00 tn.
Plástico	1,00 tn.
Papel y cartón	1,00 tn.

Respecto a las medidas de separación o segregación "in situ" previstas dentro de los conceptos de la clasificación propia de los RCDs de la obra como su selección, se adjunta en la tabla adjunta las operaciones que se tendrán que llevar a cabo en la obra.

Tabla 13. Previsión de las medidas de separación o segregación "in situ".

X	Eliminación previa de elementos desmontables y/o peligrosos.
X	Derribo separativo / Segregación en obra nueva (ej.: pétreos, madera, metales, plásticos + cartón + envases, orgánicos, peligrosos).
	Derribo integral o recogida de escombros en obra nueva "todo mezclado", y posterior tratamiento en planta.

8. Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición.

Las determinaciones particulares a incluir en el Pliego de Prescripciones Técnicas del Proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición en obra, se describen a continuación en las casillas tildadas.

Tabla 14. Pliego de Prescripciones Técnicas relacionadas con la gestión de los residuos.

X	Para los derribos: se realizarán actuaciones previas tales como apeos, apuntalamientos, estructuras auxiliares...para las partes ó elementos peligrosos, referidos tanto a la propia obra como a los edificios colindantes. Como norma general, se procurará actuar retirando los elementos contaminantes y/o peligrosos tan pronto como sea posible, así como los elementos a conservar o valiosos (cerámicas, mármoles...). Seguidamente se actuará desmontando aquellas partes accesibles de las instalaciones, carpintería, y demás elementos que lo permitan. Por último, se procederá derribando el resto.
X	El depósito temporal de los escombros, se realizará bien en sacos industriales iguales o inferiores a 1 metro cúbico, contenedores metálicos específicos con la ubicación y condicionado que establezcan las ordenanzas municipales. Dicho depósito en acopios, también deberá estar en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.
X	El depósito temporal para RCDs valorizables (maderas, plásticos, chatarra...), que se realice en contenedores o en acopios, se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.
X	Los contenedores deberán estar pintados en colores que destaquen su visibilidad, especialmente durante la noche, y contar con una banda de material reflectante de, al menos, 15 centímetros a lo largo de todo su perímetro. En los mismos debe figurar la siguiente información: razón social, CIF, teléfono del titular del contenedor/envase, y el número de inscripciones en el Registro de Transportistas de Residuos, creando en el Artículo 43 de la Ley 5/2003, de 20 de marzo, de Residuos de la Comunidad de Madrid, del titular del contenedor. Dicha información también deberá quedar reflejada en los sacos industriales u otros elementos de contención, a través de adhesivos, placas, etc.
X	El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos, al menos, fuera del horario de trabajo, para evitar el depósito de residuos ajenos a las obras la que prestan servicio.
X	En el equipo de obra se deberán establecer los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de RCD.

X	Se deberán atender los criterios municipales establecidos (ordenanzas, condicionados de la licencia de obras), especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición. En este último caso se deberá asegurar por parte del contratista realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación. Y también, considerar las posibilidades reales de llevarla a cabo: que la obra o construcción lo permita y que se disponga de plantas de reciclaje/gestores adecuados. La Dirección de Obras será la responsable última de la decisión a tomar y su justificación ante las autoridades locales o autonómicas pertinentes.
X	Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCDs, que el destino final (Planta de Reciclaje, Vertedero, Cantera, Incineradora, Centro de Reciclaje de Plásticos/Madera...) son centros con la autorización autonómica de la Consejería de Medio Ambiente, así mismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados por dicho Consejería, e inscritos en los registros correspondientes. Asimismo se realizará un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCDs deberán aportar los vales de cada retirada y entrega en destino final. Para aquellos RCDs (tierras, pétreos...) que sea reutilizados en otras obras o proyectos de restauración, se deberá aportar evidencia documental del destino final.
X	La gestión (tanto documental como operativa) de los residuos peligrosos que se hallen en una obra de derribo o se generen en una obra de nueva planta se registrará conforme a la legislación nacional vigente (Ley 10/1998, Real Decreto 833/88, Real Decreto 952/1997 y Orden MAM/304/2002), la legislación autonómica (Ley 5/2003, Decreto 4/1991...) y los requisitos de las ordenanzas locales. Asimismo los residuos de carácter urbano generados en las obras (restos de comidas, envases, lodos de fosas sépticas...), serán gestionados acorde con los preceptos marcados por la legislación y autoridad municipales.
X	Para el caso de los residuos con amianto, se seguirán los pasos marcados por la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, Anexo II, Lista de Residuos, Punto 17 06 05*(6), para considerar dichos residuos como peligrosos por el Real Decreto 108/1991, de 1 de febrero, sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto. Art.7., así como la legislación laboral de aplicación.
X	Los restos de lavado de canaletas/cubas de hormigón, serán tratadas como residuos "escombros".
X	Se evitará en todo momento la contaminación con productos tóxicos o peligrosos de los plásticos y restos de madera para su adecuada segregación, así como la contaminación de los acopios o contenedores de escombros con componentes peligrosos.
X	Las tierras superficiales que puedan tener un uso posterior para jardinería o recuperación de suelos degradados, será retirada y almacenada durante el menor tiempo posible, en caballones de altura no superior a 2 metros. Se evitará la humedad excesiva, la manipulación, y la contaminación con otros materiales.
	Otros (indicar).

9. Valoración del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición.

La valorización del coste previsto de la gestión correcta de los residuos de construcción y demolición, coste que formará parte del presupuesto del proyecto, se atenderá a las distintas tipología de los RCDs, definidos anteriormente.

Tabla 15. Volumen de residuos generados.

	A.1.: RCDs Nivel I	A.2.: RCDs Nivel II		
	Tierras y pétreos de la excavación	RCD Naturaleza no Pétrea	RCD Naturaleza Pétrea	RCD: Potencialmente peligrosos
Volumen total de Residuos Generados (m^3)	19893,091	406,694	1954,867	250,380

El Presupuesto de Ejecución Material es de **1.431.355,41 €**, es importante considerar que los Residuos de Construcción y Demolición, no se valoren por debajo del 0,60% del PEM, en este caso:

Tabla 16. Estimación del coste de tratamiento de los RCDS.

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE TRATAMIENTO DE LOS RCDS				
Tipología RCDs	Volumen estimado (m^3)	Precio gestión en Planta/Vertedero /Cantera/Gestor ($€/m^3$)	Importe (€)	Porcentaje del presupuesto de la obra
A.1.: RCDs Nivel I				
Tierras y pétreos de la excavación	19893,091	2	39786,182	2,78%
A.2.: RCDs Nivel II				
RCD Naturaleza no Pétrea	406,694	5	2033,47	0,14%
RCD Naturaleza Pétrea	1954,867	5	9774,34	0,68%
RCD: Potencialmente peligrosos	250,380	5	1251,90	0,09%
			Porcentaje total del presupuesto de la obra	3,69%

Lo que viene a suponer una fianza del **3,69%** del PEM.

Estudio de Seguridad y salud

Índice

1	Memoria.....	7
1.1.	Antecedentes y Datos Generales.....	7
1.1.1.	Justificación del Estudio de Seguridad y Salud.....	7
1.1.2.	Objeto del Estudio de Seguridad y Salud.....	7
1.1.3.	Contenidos del Estudio de Seguridad y Salud.....	8
1.1.4.	Datos del proyecto.....	9
1.1.5.	Descripción del emplazamiento.....	9
1.1.6.	Descripción de la obra.....	10
1.1.7.	Instalaciones de higiene de los trabajadores.....	10
1.1.8.	Medios de auxilio.....	11
1.1.9.	Maquinaria pesada en obra.....	11
1.1.10.	Medios auxiliares.....	12
1.2.	Riesgos laborales y medidas preventivas.....	12
1.2.1.	Riesgos laborales evitables completamente.....	12
1.2.2.	Riesgos laborales no eliminables completamente.....	12
1.2.3.	Riesgos laborales especiales.....	20
1.2.4.	Medidas preventivas relacionadas con la utilización de medios auxiliares..	20
1.2.5.	Medidas preventivas relacionadas con la utilización de maquinaria y herramientas.....	23
1.3.	Previsiones para trabajos futuros.....	31
1.4.	Normativa aplicable.....	32
1.4.1.	General.....	32
1.4.2.	Equipos de protección individual.....	34
1.4.3.	Instalaciones y equipos de obra.....	35
1.4.4.	Normativa de ámbito local (Ordenanzas municipales).....	35

2	Pliego de condiciones.....	36
2.1.	Pliego de cláusulas administrativas.	36
2.1.1.	Objeto del Pliego de condiciones.	36
2.1.2.	Disposiciones facultativas.	36
2.1.3.	Formación en Seguridad.....	43
2.1.4.	Reconocimientos médicos.	43
2.1.5.	Salud e higiene en el trabajo.....	44
2.1.6.	Documentación de obra.	45
2.1.7.	Disposiciones Económicas.	48
2.2.	Pliego de condiciones técnicas particulares.....	49
2.2.1.	Medios de protección colectiva.	49
2.2.2.	Medios de protección individual.	49
2.2.3.	Empleo y mantenimiento de la maquinaria	50
2.2.4.	Empleo y mantenimiento de útiles y herramientas.....	50
2.2.5.	Instalaciones provisiones de salud y confort	50
3	Presupuesto.....	52
3.1.	Presupuesto parcial nº1 Primeros Auxilios.....	52
3.2.	Presupuesto parcial nº2 Formación.....	53
3.3.	Presupuesto parcial nº3 Instalaciones Provisionales.....	54
3.4.	Presupuesto parcial nº4 Protecciones Colectivas.....	55
3.5.	Presupuesto parcial nº5 Protecciones Individuales.....	58
3.6.	Presupuesto parcial nº6 Señalización.....	60
3.7.	Presupuesto de ejecución material	61

Tablas

Tabla 1. Características generales de la obra.....	10
Tabla 2. Medios auxiliares que se prevé emplear en la obra.	12
Tabla 3. Medidas técnicas adoptadas para eliminar los riesgos evitables.....	12
Tabla 4. Riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados en toda la obra	13
Tabla 5. Riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados durante el movimiento de tierras	14
Tabla 6. Riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados durante la cimentación y colocación de estructuras.	15
Tabla 7. Riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados durante la colocación de cubiertas.....	16
Tabla 8. Riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados en albañilería y cerramientos.....	17
Tabla 9. Riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados durante los acabados.....	18
Tabla 10. Riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados en instalaciones	19
Tabla 11. Relación entre aquellos trabajos que conllevan riesgos especiales	20
Tabla 12. Previsiones para trabajos futuros.....	31

1 Memoria.

1.1. Antecedentes y Datos Generales.

1.1.1. Justificación del Estudio de Seguridad y Salud.

El Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, establece en el Artículo 4, Apartado 1, que el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio de Seguridad y Salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes.

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas.
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendido por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

Por lo cual, será necesario redactar un Estudio de Seguridad y Salud.

1.1.2. Objeto del Estudio de Seguridad y Salud.

El presente Estudio de Seguridad y Salud está redactado para dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, modificada por la Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de Riesgos Laborales.

En el presente Estudio se definen las medidas a adoptar encaminadas a la prevención de los riesgos de accidente y enfermedades profesionales que pueden ocasionarse durante la ejecución de la obra, así como las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Se exponen unas directrices básicas de acuerdo con la legislación vigente, en cuanto a las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud, con el fin de que el contratista cumpla con sus obligaciones en cuanto a la prevención de riesgos profesionales.

Los objetivos que pretende alcanzar el presente Estudio de Seguridad y Salud son:

- Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores.
- Evitar acciones o situaciones peligrosas por improvisación, o por insuficiencia o falta de medios.
- Delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad de las personas que intervienen en el proceso constructivo.
- Determinar los costes de las medidas de protección y prevención.
- Referir la clase de medidas de protección a emplear en función del riesgo.
- Detectar a tiempo los riesgos que se derivan de la ejecución de la obra.
- Aplicar técnicas de ejecución que reduzcan al máximo estos riesgos.

1.1.3. Contenidos del Estudio de Seguridad y Salud.

Conforme se especifica en el Artículo 5, Apartado 2, del Real Decreto 1627/1997, el Estudio deberá precisar:

- a) Memoria descriptiva de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que hayan de utilizarse o cuya utilización pueda preverse; identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando a tal efecto las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas.

Asimismo, se incluirá la descripción de los servicios sanitarios y comunes de que deberá estar dotado el centro de trabajo de la obra, en función del número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

En la elaboración de la memoria habrán de tenerse en cuenta las condiciones del entorno en que se realice la obra, así como la tipología y características de los materiales y elementos que hayan de utilizarse, determinación del proceso constructivo y orden de ejecución de los trabajos.

- b) Pliego de condiciones particulares en el que se tendrán en cuenta las normas legales y reglamentarias aplicables a las especificaciones técnicas propias de la obra de que se trata, así como las prescripciones que se habrán de cumplir en relación con las características, la utilización y la conservación de las máquinas, útiles, herramientas, sistemas y equipos preventivos.

- c) Mediciones de todas aquellas unidades o elementos de seguridad y salud en el trabajo que hayan sido definidos o proyectados.
- d) Presupuesto que cuantifique el conjunto de gastos previstos para la aplicación y ejecución del estudio de seguridad y salud.

1.1.4. Datos del proyecto.

El presente Estudio de Seguridad y Salud se refiere al proyecto cuyos datos generales son:

Tipo de obra: Instalaciones de depuración de aguas.
Situación: Matadero y fábrica de embutidos.
Población: Bejis (Castellón).

1.1.5. Descripción del emplazamiento.

Los condicionantes del emplazamiento donde se realiza la obra son los siguientes:

Accesos a la obra : Carretera comarcal de Teresa a Bejis.
Topografía del terreno: Rústico.
Tipo del suelo: El suelo es apto para la ejecución de las obras.
Edificaciones colindantes: Matadero y fábrica de embutidos.
Suministro energía eléctrica: Se tomará de la fábrica.
Suministro de agua: Se tomará de la fábrica.
Sistema de saneamiento: Se tomará de la fábrica.

1.1.6. Descripción de la obra.

Las características generales de la obra y las fases de las que consta la misma, son las siguientes:

Tabla 1. Características generales de la obra.

Demoliciones	
Movimiento de tierras	X
Cimentación y estructuras	X
Cubiertas	X
Albañilería y cerramientos	X
Acabados	X
Instalaciones	X

1.1.7. Instalaciones de higiene de los trabajadores.

Los servicios higiénicos de la obra cumplirán las "Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras". De acuerdo con el Apartado 15 del Anexo 4 del Real Decreto 1627/1997, la obra dispondrá de los servicios higiénicos siguientes:

- Vestuarios adecuados de dimensiones suficientes, con asientos y taquillas individuales provistas de llave, con una superficie mínima de 2 m^2 por trabajador que haya de utilizarlos, y una altura mínima de 2,30 m.
- Lavabos con agua fría y caliente a razón de un lavabo por cada 10 trabajadores o fracción.
- Duchas con agua fría y caliente a razón de una ducha por cada 10 trabajadores o fracción.
- Retretes a razón de un inodoro por cada 25 hombres o 15 mujeres o fracción. La cabina tendrá que tener una superficie mínima de $1,20\text{ m}^2$ y una altura mínima de 2,30 m.

1.1.8. Medios de auxilio.

De acuerdo con el Apartado 3 del Anexo 6 del Real Decreto 486/1997, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que indica a continuación:

Un botiquín portátil que contenga desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, torniquete, antiespasmódicos, analgésicos, bolsa para agua o hielo, termómetro, tijeras, jeringuillas desechables, pinzas y guantes desechables.

El responsable de emergencias revisará periódicamente el material de primeros auxilios, reponiendo los elementos utilizados y sustituyendo los productos caducados.

Además, se aporta la información de los centros sanitarios más próximos a la obra, que puede ser de gran utilidad si se llegará a producir un accidente laboral.

<i>Nivel de asistencia</i>	<i>Distancia en kilómetros</i>
Asistencia primaria (Urgencias Bejis)	5 kilómetros
Asistencia especializada (Hospital General de Castellón)	100 kilómetros

La evacuación de heridos a los centros sanitarios se llevará a cabo exclusivamente por personal especializado, en ambulancia. Tan solo los heridos leves podrán trasladarse por otros medios, siempre con el consentimiento y bajo la supervisión del responsable de emergencias de la obra.

Se dispondrá en lugar visible de la obra un cartel con los teléfonos de urgencias y los centros sanitarios más próximos.

1.1.9. Maquinaria pesada en obra.

La maquinaria que se prevé emplear en la ejecución de la obra se indica a continuación:

Pala cargadora	Camión grúa	Maquinillo
Retroexcavadora	Montacargas	Sierra circular
Camión de caja basculante	Hormigonera	Sierra circular de mesa
Camión para transporte	Vibrador	Equipo de soldadura
Grúa torre	Martillo picador	Herramientas manuales diversas

La maquinaria fija de obra será propiedad del Contratista adjudicado.

1.1.10. Medios auxiliares.

Los medios auxiliares que se prevé emplear en la ejecución de la obra se indican a continuación:

Tabla 2. Medios auxiliares que se prevé emplear en la obra.

Puntales	Visera de protección	Plataforma de descarga
Torre de hormigonado	Andamios tubulares apoyados	
Escalera de mano	Andamio sobre borriquetas	

Los medios auxiliares empleados en la obra serán propiedad del Contratista adjudicado.

1.2. Riesgos laborales y medidas preventivas.

1.2.1. Riesgos laborales evitables completamente.

A continuación se presente una relación de riesgos laborales que pudiendo presentarse en la obra, van a ser totalmente evitados mediante la adopción de las medidas técnicas que también se incluyen:

Tabla 3. Medidas técnicas adoptadas para eliminar los riesgos evitables.

<i>Riesgos evitables</i>	<i>Medidas técnicas adoptadas</i>
Derivados de la rotura de instalaciones existentes	Neutralización de las instalaciones existentes
Presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas	Corte del fluido, puesta a tierra y cortocircuito de los cables

1.2.2. Riesgos laborales no eliminables completamente.

A continuación se identifican los riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera tabla se refiere a aspectos generales que afectan a la totalidad de la obra, y las restantes a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta puede dividirse.

Tabla 4. Riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados en toda la obra.

<i>Toda la obra</i>	
<i>Riesgos</i>	
Caídas de operarios al mismo nivel.	
Caídas de operarios a distinto nivel.	
Caídas de objetos sobre operarios.	
Caídas de objetos sobre terceros.	
Choques o golpes contra objetos.	
Fuentes vientos.	
Trabajos en condiciones de humedad.	
Contactos eléctricos directos e indirectos.	
Cuerpos extraños en los ojos.	
Sobreesfuerzos.	
Quemaduras del sol.	
<i>Medidas preventivas y protecciones colectivas</i>	<i>Grado de adopción</i>
Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra.	Permanente
Orden y limpieza de los lugares de trabajo.	Permanente
Recubrimiento, o distancia de seguridad (1 m.) a líneas de Baja Tensión.	Permanente
Iluminación, adecuada y suficiente (alumbrado de obra).	Permanente
No permanecer en el radio de acción de las máquinas.	Permanente
Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento.	Permanente
Señalización de las obras (señales y carteles).	Permanente
Cintas de señalización y balizamiento a 10 m. de distancia.	Alternativa al vallado
Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y con una altura inferior o igual a 2 m..	Permanente
Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra.	Permanente
Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o edificios colindantes.	Permanente
Extintor de polvo seco, de eficacia 21A – 113B.	Permanente
Evacuación de escombros.	Frecuente
Escaleras auxiliares.	Ocasional
Información específica.	Para riesgos concretos
Cursos y charlas de formación.	Frecuente
Grúa parada y en posición veleta.	Con viento fuerte
Grúa para y en posición veleta.	Final de cada jornada
<i>Equipos de protección individual</i>	<i>Empleo</i>
Cascos de seguridad.	Permanente
Calzador protector.	Permanente
Ropa de trabajo.	Permanente
Ropa impermeable o de protección.	Con mal tiempo
Gafas de seguridad.	Frecuente
Cinturones de protección del tronco.	Ocasional
Crema de protección solar.	Ocasional

Tabla 5. Riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados durante el movimiento de tierras.

<i>Movimientos de tierras</i>	
<i>Riesgos</i>	
Desplomes, desprendimientos y hundimientos del terreno.	
Caídas de materiales transportados.	
Atrapamientos y aplastamientos por partes móviles de maquinaria.	
Atropellos, colisiones, alcances y vuelcos de maquinaria.	
Contagios por lugares insalubres.	
Ruido, contaminación acústica.	
Vibraciones.	
Ambiente pulvígeno.	
Interferencia con instalaciones enterradas.	
Contactos eléctricos directos e indirectos.	
Condiciones meteorológicas adversas.	
Inhalación de sustancias tóxicas.	
Explosiones o incendios.	
<i>Medidas preventivas y protecciones colectivas</i>	<i>Grado de adopción</i>
Observación y vigilancia del terreno.	Diaria
Talud natural del terreno.	Permanente
Entibaciones.	Frecuente
Limpieza de bolos y viseras.	Frecuente
Apuntalamientos y apeos.	Ocasional
Achique de aguas.	Frecuente
Tableros o planchas en huecos horizontales.	Permanente
Separación de tránsito de vehículos y operarios.	Permanente
Cabinas o pórticos de seguridad.	Permanente
No acopiar materiales junto al borde de excavación.	Permanente
Plataformas para paso de personas en bordes de excavación.	Ocasional
No permanecer bajo el frente de excavación.	Permanente
Barandillas en bordes de excavación.	Permanente
Protección partes móviles maquinaria.	Permanente
Topes de retroceso para vertido y carga de vehículos.	Permanente
<i>Equipos de protección individual</i>	<i>Empleo</i>
Botas de seguridad.	Permanente
Botas de goma.	Ocasional
Guantes de cuero.	Ocasional
Guantes de goma.	Ocasional

Tabla 6. Riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados durante la cimentación y la colocación de estructuras.

<i>Cimentación y estructuras</i>	
<i>Riesgos</i>	
Desplomes, desprendimientos y hundimientos del terreno.	
Caídas de operarios al vacío.	
Caídas de materiales transportados.	
Atrapamientos y aplastamientos.	
Atropellos, colisiones, alcances y vuelcos de camiones.	
Lesiones y cortes en brazos y manos.	
Lesiones, pinchazos y cortes en pies.	
Dermatitis por contacto con hormigones y morteros.	
Ruido, contaminación acústica.	
Vibraciones.	
Quemaduras en soldadura y oxicorte.	
Radiaciones y derivados de la soldadura.	
Ambiente pulvígeno.	
Contactos eléctricos directos e indirectos.	
<i>Medidas preventivas y protecciones colectivas</i>	<i>Grado de adopción</i>
Apuntalamientos y apeos.	Permanente
Achique de aguas.	Frecuente
Pasos o pasarelas.	Permanente
Separación de tránsito de vehículos y operarios.	Ocasional
Cabinas o pórticos de seguridad.	Permanente
No acopiar junto al borde de la excavación.	Permanente
No permanecer bajo el frente de excavación.	Permanente
Redes verticales perimetrales.	Permanente
Redes horizontales.	Frecuente
Andamios y plataformas para encofrados.	Permanente
Plataforma de carga y descarga de material.	Permanente
Barandillas resistentes.	Permanente
Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales.	Permanente
Escaleras peldañeadas y protegidas, y escaleras de mano.	Permanente
<i>Equipos de protección individual</i>	<i>Empleo</i>
Gafas de seguridad.	Ocasional
Guantes de cuero o goma.	Frecuente
Botas de seguridad.	Permanente
Botas de goma o P.V.C. de seguridad.	Ocasional
Pantallas faciales, guantes, manguitos, mandiles y polainas para soldar	En estructura metálica
Cinturones y arneses de seguridad.	Frecuente
Mástiles y cables fiadores.	Frecuente

Tabla 7. Riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados durante la colocación de cubiertas.

Cubiertas	
Riesgos	
Caídas de operarios al vacío.	
Caídas de materiales transportados, a nivel y a niveles inferiores.	
Lesiones y cortes en brazos y manos.	
Dermatosis por contacto con materiales.	
Inhalación de sustancias tóxicas.	
Quemaduras producidas por soldadura de materiales.	
Vientos fuertes.	
Incendio por almacenamiento de productos combustibles.	
Derrame de productos.	
Contactos eléctricos directos e indirectos.	
Hundimientos o roturas en cubiertas de materiales ligeros.	
Proyecciones de partículas.	
Condiciones meteorológicas adversas.	
Medidas preventivas y protecciones colectivas	Grado de adopción
Redes verticales perimetrales.	Permanente
Redes de seguridad.	Permanente
Andamios perimetrales aleros.	Permanente
Plataformas de carga y descarga de material.	Permanente
Barandillas rígidas y resistentes.	Permanente
Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales.	Permanente
Escaleras peldañeadas y protegidas.	Permanente
Escaleras de tejador o pasarelas.	Permanente
Parapetos rígidos.	Permanente
Acopio adecuado de materiales.	Permanente
Señalizar obstáculos.	Permanente
Plataforma adecuada para grúa.	Permanente
Ganchos de servicio.	Permanente
Accesos adecuados a las cubiertas.	Permanente
Paralización de los trabajos en condiciones meteorológicas adversas.	Ocasional
Equipos de protección individual	Empleo
Guantes de cuero o goma.	Ocasional
Botas de seguridad.	Permanente
Cinturones y arneses de seguridad.	Permanente
Mástiles para cables fiadores.	Permanente

Tabla 8. Riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados en albañilería y cerramientos.

<i>Albañilería y cerramientos</i>	
<i>Riesgos</i>	
Caídas de operarios al vacío.	
Caídas de materiales transportados, a nivel y a niveles inferiores.	
Atrapamientos y aplastamientos en manos durante el montaje de andamios.	
Atrapamientos por los medios de elevación y transporte.	
Lesiones y cortes en brazos y manos.	
Dermatosis por contacto con materiales.	
Incendios por almacenamiento de productos combustibles.	
Golpes o cortes con herramientas.	
Contactos eléctricos directos e indirectos.	
Proyecciones de partículas al cortar materiales.	
Ruidos, contaminación acústica.	
<i>Medidas preventivas y protecciones colectivas</i>	<i>Grado de adopción</i>
Apuntalamientos y apeos.	Permanente
Pasos o pasarelas.	Permanente
Redes verticales.	Permanente
Redes horizontales.	Frecuente
Andamios.	Permanente
Plataformas de carga y descarga de material.	Permanente
Barandillas rígidas.	Permanente
Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales.	Permanente
Escaleras peldañeadas y protegidas.	Permanente
Evitar trabajos superpuestos.	Permanente
Bajantes de escombros adecuadamente sujetas.	Permanente
Protección de huecos de entrada de material.	Permanente
<i>Equipos de protección individual</i>	<i>Empleo</i>
Gafas de seguridad.	Frecuente
Guantes de cuero o goma.	Frecuente
Botas de seguridad.	Permanente
Cinturones y arneses de seguridad.	Frecuente
Mástiles y cables fiadores.	Frecuente

Tabla 9. Riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados durante los acabados.

Acabados	
Riesgos	
Caídas de operarios al vacío.	
Caídas de materiales transportados.	
Ambiente pulvígeno.	
Lesiones y cortes en brazos y manos.	
Lesiones, pinchazos y cortes en pies.	
Dermatitis por contacto con materiales.	
Incendios por almacenamiento de productos combustibles.	
Inhalación de sustancias tóxicas.	
Quemaduras.	
Contactos eléctricos directos e indirectos.	
Atrapamientos con o entre objetos o herramientas.	
Deflagraciones, explosiones e incendios.	
Medidas preventivas y protecciones colectivas	Grado de adopción
Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada).	Permanente
Andamios.	Permanente
Plataformas de carga y descarga de material.	Permanente
Barandillas rígidas.	Permanente
Escaleras peldañeadas y protegidas.	Permanente
Evitar focos de inflamación.	Permanente
Equipos autónomos de ventilación.	Permanente
Almacenamiento correcto de los productos	Permanente
Paralización de los trabajos en condiciones meteorológicas adversas.	Ocasional
Equipos de protección individual	Empleo
Gafas de seguridad.	Ocasional
Guantes de cuero o goma.	Frecuente
Botas de seguridad.	Frecuente
Cinturones y arneses de seguridad.	Ocasional
Mástiles y cables fiadores.	Ocasional
Mascarilla filtrante.	Ocasional
Equipos autónomos de respiración.	Ocasional

Tabla10. Riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados en instalaciones.

Instalaciones	
Riesgos	
Lesiones y cortes en brazos y manos.	
Dermatosis por contacto con materiales.	
Inhalación de sustancias tóxicas.	
Quemaduras.	
Golpes y aplastamientos de pies.	
Incendios por almacenamiento de productos combustibles.	
Contactos eléctricos directos e indirectos.	
Ambiente pulvígeno.	
Medidas preventivas y protecciones colectivas	Grado de adopción
Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada).	Permanente
Escalera portátil de tijera con calzos de goma y tirantes.	Frecuente
Realizar las conexiones eléctricas sin tensión.	Permanente
Equipos de protección individual	Empleo
Gafas de seguridad.	Ocasional
Guantes de cuero o goma.	Frecuente
Botas de seguridad.	Frecuente
Cinturones y arneses de seguridad.	Ocasional
Mástiles y cables fiadores.	Ocasional
Mascarilla filtrante.	Ocasional

1.2.3. Riesgos laborales especiales.

En la siguiente tabla se relacionan aquellos trabajos que siendo necesarios para el desarrollo de la obra definida en el Proyecto de referencia, implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores, y están por ello incluidos en el Anexo II del Real Decreto 1627/1997.

También se indican las medidas específicas que deben adoptarse para controlar y reducir los riesgos derivados de este tipo de trabajos.

Tabla 11. Relación entre aquellos trabajos que conllevan riesgos especiales.

<i>Trabajos con riesgos especiales.</i>	<i>Medidas específicas previstas</i>
Trabajos con riesgos especialmente graves de sepultamiento, hundimiento o caída de altura.	Las zanjas con una profundidad superior a 1,30 m. deberán entibarse, eligiendo el tipo de entibación en función de la profundidad de la misma y las cargas adicionales que deba soportar. Como norma general, para los trabajos en altura se precisará de medidas de protección obligatorias.
Trabajos en la proximidad de líneas eléctricas de alta tensión.	Señalizar y respetar la distancia de seguridad (5 m.). pórticos protectores de 5 m. de altura. Calzado de seguridad.
Trabajos que requieran montar o desmontar elementos prefabricados pesados.	Manipulación de las piezas mediante el empleo de elementos de enganche homologados indicados por el fabricante.

1.2.4. Medidas preventivas relacionadas con la utilización de medios auxiliares

La prevención de los riesgos derivados de la utilización de los medios auxiliares de la obra se realizará atendiendo a las prescripciones de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y a la Ordenanza de Trabajo en la Construcción, Vidrio y Cerámica (Orden de 28 de agosto de 1970), prestando especial atención a la Sección 3ª "Seguridad en el trabajo en las industrias de la Construcción y Obras Públicas" Subsección 2ª "Andamios en general".

En ningún caso se admitirá la utilización de andamios o escaleras de mano que no estén normalizados y cumplan con la normativa vigente.

En el caso de las plataformas de descarga de materiales, sólo se utilizarán modelos normalizados, disponiendo de barandillas homologadas y enganches para cinturón de seguridad, entre otros elementos.

A continuación se relacionan los medios auxiliares previstos en la obra con sus respectivas medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Puntales
 - No se retirarán los puntales, ni se modificará su disposición una vez hayan entrado en carga, respetándose el periodo estricto de desencofrado.
 - Los puntales no quedarán dispersos por la obra, evitando su apoyo en posición inclinada sobre los paramentos verticales, acopiándose siempre cuando dejen de utilizarse.
 - Los puntales telescópicos se transportarán con los mecanismos de extensión bloqueados.
- Torre de hormigonado
 - Se colocará, en un lugar visible al pie de la torre de hormigonado, un cartel que indique "Prohibido el acceso a toda persona no autorizada".
 - Las torres de hormigonado permanecerán protegidas perimetralmente mediante barandillas homologadas, con rodapié, con una altura igual o superior a 0,9 m.
 - No se permitirá la presencia de personas ni de objetos sobre las plataformas de las torres de hormigonado durante sus cambios de posición.
 - En el hormigonado de los pilares de esquina, las torres de hormigonado se ubicarán con la cara de trabajo situada perpendicularmente a la diagonal interna del pilar, con el fin de lograr la posición más segura y eficaz.

- Escalera de mano.
 - Se revisará periódicamente el estado de conservación de las escaleras.
 - Dispondrán de zapatas antideslizantes o elementos de fijación en la parte superior o inferior de los largueros.
 - Se transportarán con el extremo delantero elevado, para evitar golpes a otros objetos o a personas.
 - Se apoyarán sobre superficies horizontales, con la planeidad adecuada para que sean estables e inmóviles, quedando prohibido el uso como cuña de cascotes, ladrillos, bovedillas o elementos similares.
 - Los travesaños quedarán en posición horizontal y la inclinación de la escalera será inferior al 75% respecto al plano horizontal.
 - El extremo superior de la escalera sobresaldrá 1,0 m de altura de desembarque, medido en la dirección vertical.
 - El operario realizará el ascenso y descenso por la escalera en posición frontal (mirando los peldaños) sujetándose firmemente con las dos manos en los peldaños, no en los largueros.
 - Se evitará el ascenso o descenso simultáneo de dos o más personas.
 - Cuando se requiera trabajar sobre la escalera en alturas superiores a 3,5 m, se utilizará siempre el cinturón de seguridad con dispositivo anticaída.

- Visare de protección
 - La visera sobre el acceso a obra se construirá por personal cualificado, con suficiente resistencia y estabilidad, para evitar los riesgos más frecuentes.
 - Los soportes de la visera se apoyarán sobre durmientes perfectamente nivelados.
 - Los elementos que denoten algún fallo técnico o mal comportamiento se desmontarán de forma inmediata para su reparación o sustitución.

- Andamios tubulares apoyados
 - Deberán montarse bajo la supervisión de personal competente.
 - Se apoyarán sobre una base sólida y preparada adecuadamente.
 - Se dispondrán anclaje adecuados a las fachadas.
 - Las cruces de San Andrés se colocarán por ambos lados.
 - Correcta disposición de las plataformas de trabajo.
 - Correcta disposición de las barandillas de seguridad, las barras intermedias y el rodapié.
 - Correcta disposición de los accesos a los distintos niveles de trabajo.
 - Uso del cinturón de seguridad de sujeción Clase A, Tipo I durante el montaje y desmontaje.

- Andamio de borriquetas.
 - Los andamios de borriquetas se apoyarán sobre superficies firmes, estables y niveladas.
 - Se empleará un mínimo de dos borriquetas para la formación de andamios, quedando totalmente prohibido como apoyo el uso de bidones, ladrillos, bovedillas u otros objetos.
 - Las plataformas de trabajo estarán perfectamente ancladas a las borriquetas.
 - Queda totalmente prohibido instalar un andamio de borriquetas encima de otro.
- Plataforma de descarga.
 - Se utilizarán plataformas homologadas, no admitiéndose su construcción "in situ".
 - Las características resistentes de la plataforma serán adecuadas a las cargas a soportar, disponiendo un cartel indicativo de la carga máxima de la plataforma.
 - Dispondrán de un mecanismo de protección frontal cuando no esté en uso, para que quede perfectamente protegido el frente de descarga.
 - La superficie de las plataformas será de material antideslizante.
 - Se conservará en perfecto estado de mantenimiento, realizándose inspecciones en la fase de instalación y cada 6 meses.

1.2.5. Medidas preventivas relacionadas con la utilización de maquinaria y herramientas.

Las medidas preventivas a adoptar y las protecciones a emplear para el control y la reducción de riesgos debidos a la utilización de maquinaria y herramientas durante la ejecución de la obra se desarrollarán en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud, conforme a los siguientes criterios:

- a) Todas las máquinas y herramientas que se utilicen en la obra dispondrán de su correspondiente manual de instrucciones, en el que estarán especificados claramente tanto los riesgos que entrañan para los trabajadores como los procedimientos para su utilización con la debida seguridad.
- b) La maquinaria cumplirá las prescripciones contenidas en el vigente Reglamento de Seguridad en las Máquinas, las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) y las especificaciones de los fabricantes.
- c) No se aceptará la utilización de ninguna máquina, mecanismo o artificio mecánico sin reglamentación específica.

A continuación se relacionan las maquinas y las herramientas previstas en la obra con sus respectivas medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Pala cargadora
 - Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se parará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina.
 - Queda prohibido el uso de la cuchara como grúa o media de transporte.
 - La extracción de tierras se efectuará en posición frontal a la pendiente.
 - El transporte de tierras se realizará con la cuchara en la posición más baja posible, para garantizar la estabilidad de la pala.

- Retroexcavadora
 - Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se parará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina.
 - Queda prohibido el uso de la cuchara como grúa o medio de transporte.
 - Los desplazamientos de la retroexcavadora se realizarán con la cuchara apoyada sobre la máquina en el sentido de la marcha.
 - Los cambios de posición de la cuchara en superficies inclinadas se realizarán por la zona de mayor altura.
 - Se prohibirá la realización de trabajos dentro del radio de acción de la máquina.

- Camión de caja basculante
 - Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico.
 - Se comprobará que el freno de mano está activado antes de la puesta en marcha del motor, al abandonar el vehículo y durante las operaciones de carga y descarga.
 - No se circulará con la caja izada después de la descarga.

- Camión para transporte.
 - Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico.
 - Las cargas se repartirán uniformemente en la caja, evitando acopios con pendientes superiores al 5% y protegiendo los materiales sueltos con una lona.
 - Antes de proceder a las operaciones de carga y descarga, se colocará el freno en posición de frenado y, en caso de estar situado en pendiente, calzos de inmovilización debajo de las ruedas.
 - En las operaciones de carga y descarga se evitarán movimientos bruscos que provoquen la pérdida de estabilidad, permaneciendo siempre el conductor fuera de la cabina.

- Grúa torre.
 - El operador de la grúa estará en posesión de un carnet vigente, expedido por el órgano competente.
 - La grúa torre será revisada y probada antes de su puesta en servicio, quedando dicha revisión debidamente documentada.
 - La grúa se ubicará en el lugar indicados en los planos, sobre superficies firmes y estables, siguiendo las instrucciones del fabricante.
 - Los bloques de laste y los contrapesos tendrán el tamaño, características y peso específico indicados por el fabricante.
 - Para acceder a la parte superior de la grúa, la torre estará dotada de una escalera metálica sujeta a la estructura de la torre y protegida con anillos de seguridad, disponiendo de un cable fijador para el amarre del cinturón de seguridad de los operarios.
 - La grúa estará dotada de dispositivos limitadores de momento, de carga máxima, de recorrido de altura del gancho, de traslación del carro y del número de giros de la torre.
 - El acceso a la botonera, al cuadro eléctrico y a la estructura de la grúa estará restringido a personas autorizadas.
 - El operador de la grúa se situará en un lugar seguro, desde el cual tenga una visibilidad continua de la carga. Si en algún punto del recorrido la carga puede salir de su campo de visión, deberá realizar la maniobra con la ayuda de un señalista.
 - El gruista no trabajará en las proximidades de los bordes de forjados o de la excavación. En caso de que fuera necesario, dispondría de cinturón de seguridad amarrado a un punto fijo, independiente de la grúa.
 - Finalizada la jornada de trabajo, se izará el gancho, sin cargas, a la altura máxima y se dejará lo más próximo posible a la torre, dejando la grúa en posición de veleta y desconectando la corriente eléctrica.
- Camión grúa
 - El conductor accederá al vehículo, y descenderá del mismo con el motor apagado, en posición frontal, evitando saltar al suelo y haciendo uso de los peldaños asideros.
 - Se cuidará especialmente de no sobrepasar la carga máxima indicada por el fabricante.
 - La cabina dispondrá de botiquín de primeros auxilios y de extintos timbrado y revisado.
 - Los vehículos dispondrán de bocinas de retroceso.
 - Se comprobará que el freno de mano está activado antes de la puesta en marcha del motor, al abandonar el vehículo y durante las operaciones de elevación.

- La elevación se realizará evitando operaciones bruscas, que provoquen la pérdida de estabilidad de la carga.
- Montacargas
 - El montacargas será examinado y probado antes de su puesta en servicio, quedando este acto debidamente documentado.
 - Se realizará una inspección diaria de los cables, los frenos, los dispositivos eléctricos y la puesta de acceso al montacargas.
 - Se prohíbe el acopio de materiales en las proximidades de los accesos a la plataforma.
 - Se prohíbe asomarse al hueco del montacargas y posicionarse sobre la plataforma para retirar la carga.
 - El cuadro de maniobra se colocará a una distancia mínima de 3 m de la base del montacargas y permanecerá cerrado con llave.
 - Se instalarán topes de fin de recorrido en la parte superior del montacargas.
 - La plataforma estará dotada de un dispositivo limitador de carga, indicándose mediante un cartel la carga máxima admisible en la plataforma, que no podrá ser superada.
 - La carga se repartirá uniformemente sobre la plataforma, no sobresaliendo en ningún caso por los laterales de la misma.
 - Queda prohibido el transporte de personas y el uso de las plataformas como andamios para efectuar cualquier trabajo.
 - La parte inferior de la plataforma dispondrá de una barra antiobstáculos, que provocará la parada del montacargas ante la presencia de cualquier obstáculo.
 - Estará dotado con un dispositivo paracaídas, que provocará la parada de la plataforma en caso de rotura del cable de suspensión.
 - Ante la posible caída de objetos de niveles superiores, se colocará una cubierta resistente sobre la plataforma y sobre el acceso a la misma en planta baja.
 - Los huecos de acceso a las plantas estarán protegidos mediante cancelas, que estarán asociadas a dispositivos electromecánicos que impedirán su apertura si la plataforma no se encuentra en la misma planta y el desplazamiento de la plataforma si no están todas cerradas.

- Hormigonera
 - Las operaciones de mantenimiento serán realizadas por personal especializado, previa desconexión de la energía eléctrica.
 - La hormigonera tendrá una grado de protección IP-55.
 - Su uso estará restringido sólo a personas autorizadas.
 - Dispondrán de freno de basculamiento del bombo.
 - Los conductores de alimentación eléctrica de la hormigonera estarán conectados a tierra, asociados a un disyuntor diferencial.
 - Las partes móviles del aparato deberán permanecer siempre protegidas mediante carcasas conectadas a tierra.
 - No se ubicarán a distancias inferiores a tres metros de los bordes de excavación y/o de los bordes de los forjados.

- Vibrador
 - La operación de vibrado se realizará siempre desde una posición estable.
 - La manguera de alimentación desde el cuadro eléctrico estará protegida cuando discurra por zonas de paso.
 - Tanto el cable de alimentación como su conexión al transformador estarán en perfectas condiciones de estanqueidad y aislamiento.
 - Los operarios no efectuarán el arrastre del cable de alimentación colocándolo alrededor del cuerpo. Si es necesario, esta operación se realizará entre dos operarios.
 - El vibrado del hormigón se realizará desde plataformas de trabajo seguras, no permaneciendo en ningún momento el operario sobre el encofrado ni sobre elementos inestables.
 - Nunca se abandonará el vibrador en funcionamiento, ni se desplazará tirando de los cables.
 - Para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, el valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas, no superará $2,5 \text{ m/s}^2$, siendo el valor límite de 5 m/s^2 .

- Martillo picador
 - Las mangueras de aire comprimido deben estar situadas de forma que no dificulten ni el trabajo de los operarios ni el paso del personal.
 - No se realizarán ni esfuerzos de palanca ni operaciones similares con el martillo en marcha.
 - Se verificará el perfecto estado de los acoplamientos de las mangueras.
 - Se cerrará el paso del aire antes de desarmar un matillo.

- Maquinillo
 - Será utilizado exclusivamente por la persona debidamente autorizada.
 - El trabajador que utilice el maquinillo estará debidamente formado en su uso y manejo, conocerá el contenido del manual de instrucciones, las correctas medidas preventivas a adoptar y el uso de los EPI necesarios.
 - Previamente al inicio de cualquier trabajo, se comprobará el estado de los accesorios de seguridad, del cable de suspensión de cargas y de las eslingas.
 - Se comprobará la existencia del limitador de recorrido que impide el choque de la carga contra el extremo superior de la pluma.
 - Dispondrá de marcado CE, de declaración de conformidad y de manual de instrucciones emitido por el fabricante.
 - Quedará claramente visible el cartel que indica el peso máximo a elevar.
 - Se acotará la zona de la obra en la que exista riesgo de caída de los materiales transportados por el maquinillo.
 - Se revisará el cable a diario, siendo obligatoria su sustitución cuando el número de hilos rotos sea igual o superior al 10% del total.
 - El anclaje del maquinillo se realizará según se indica en el manual de instrucciones del fabricante.
 - El arriostramiento nunca se hará con bidones llenos de agua, de arena u otro material.
 - Se realizará el mantenimiento previsto por el fabricante.

- Sierra circular
 - Su uso está destinado exclusivamente al corte de elementos o piezas de la obra.
 - Para el corte de materiales cerámicos o pétreos se emplearán discos abrasivos y para elementos de madera discos de sierra.
 - Deberá existir un interruptor de parada cerca de la zona de mando.
 - La zona de trabajo deberá estar limpia de serrín y de virutas, para evitar posibles incendios.
 - Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos.
 - El trabajo con el disco agresivo se realizará en húmedo.
 - No se utilizará la sierra circular sin la protección de prendas adecuadas, tales como mascarillas antipolvo y gafas.

- Sierra circular de mesa
 - Será utilizado exclusivamente por la persona debidamente autorizada.
 - El trabajador que utilice la sierra circular estará debidamente formado en su uso y manejo, conocerá el contenido del manual de instrucciones, las correctas medidas preventivas a adoptar y el uso de los EPI necesarios.
 - Las sierras circulares se ubicarán en un lugar apropiado, sobre superficies firmes y secas, a distancias superiores a tres metros del borde de los forjados, salvo que éstos estén debidamente protegidos por redes, barandillas o petos de remate.
 - En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido indicados en el artículo 51 del Real Decreto 286/06 de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos.
 - La sierra estará totalmente protegida por la parte inferior de la mesa, de manera que no se pueda acceder al disco.
 - La parte superior de la sierra dispondrá de una carcasa metálica que impida el acceso al disco de sierra, excepto por el punto de introducción del elemento a cortar, y la proyección de partículas.
 - Se utilizará siempre un empujador para guiar el elemento a cortar, de modo que en ningún caso la mano quede expuesta al disco de la sierra.
 - La instalación eléctrica de la máquina estará siempre en perfecto estado y condiciones, comprobándose periódicamente el cableado, las clavijas y la toma de tierra.
 - Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos.
 - El operario se colocará a sotavento del disco, evitando la inhalación de polvo.

- Cortadora de materia cerámico
 - Se comprobará el estado del disco antes de iniciar cualquier trabajo. Si estuviera desgastado o resquebrajado se procederá a su inmediata sustitución.
 - La protección del disco y de la transmisión estará activada en todo momento.
 - No se presionará contra el disco la pieza a cortar para evitar el bloqueo.

- Equipo de soldadura
 - No habrá materiales inflamables ni explosivo a menos de 10 metros de la zona de trabajo de soldadura.
 - Antes de soldar se eliminarán las pinturas y recubrimientos del soporte.
 - Durante los trabajos de soldadura se dispondrá siempre de un extintor de polvo químico en perfecto estado y condiciones de uso, en un lugar próximo y accesible.
 - En los locales cerrados en los que no se pueda garantizar una correcta renovación de aire se instalarán extractores, preferentemente sistemas de aspiración localizada.
 - Se paralizarán los trabajos de soldadura en altura ante la presencia de personas bajo el área de trabajo.
 - Tanto los soldadores como los trabajadores que se encuentren en las inmediaciones dispondrán de protección visual adecuada, no permaneciendo en ningún caso con los ojos al descubierto.

- Herramientas manuales diversas
 - La alimentación de las herramientas se realizará a 24 V cuando se trabaje en ambientes húmedos o las herramientas no dispongan de doble aislamiento.
 - El acceso a las herramientas y su uso estará permitido únicamente a las personas autorizadas.
 - No se retirarán de las herramientas las protecciones diseñadas por el fabricante.
 - Se prohibirá, durante el trabajo con herramientas, el uso de pulseras, relojes, cadenas y elementos similares.
 - Las herramientas eléctricas dispondrán de doble aislamiento o estarán conectadas a tierra.
 - En las herramientas de corte se protegerá el disco con una carcasa antiproyección.
 - Las conexiones eléctricas a través de clemas se protegerán con carcasas anticontactos eléctricos.
 - Las herramientas se mantendrán en perfecto estado de uso, con los mangos sin grietas y limpios de residuos, manteniendo su carácter aislante para los trabajos eléctricos.
 - Las herramientas eléctricas estarán apagadas mientras no se estén utilizando y no se podrán usar con las manos o los pies mojados.
 - En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido indicados en el Artículo 51 del Real Decreto 286/2006 de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos.

1.3.Previsiones para trabajos futuros.

En el Artículo 5, Apartado 6 del Real Decreto 1627/1997 establece que en el Estudio de Seguridad y Salud se contemplarán también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

Tabla 12. Previsiones para trabajos futuros.

<i>Riesgos</i>	
Caídas al mismo nivel en suelos.	
Caídas de altura.	
Caídas por resbalones.	
Reacciones químicas por productos de limpieza, por productos empleados en la reparación de maquinaria o por productos utilizados en el proceso.	
Contactos eléctricos por accionamiento inadvertido y modificación o deterior del sistema eléctrico.	
Explosión de combustibles mal almacenados.	
Fuego por combustibles, por modificación de instalación eléctrica o por acumulación de desechos peligrosos.	
Impacto de elementos de la maquinaria por desprendimientos, deslizamientos o roturas.	
Contactos eléctricos directos e indirectos.	
Toxicidad de productos empleados en la reparación, o por productos utilizados en el proceso.	
Vibraciones de origen interno o externo.	
Contaminación por ruido.	
Dermatosis por contacto con algún producto.	
<i>Medidas preventivas y protecciones colectivas</i>	
Andamiajes, escalerillas y demás dispositivos provisionales adecuados y seguros.	
Anclajes de cinturones fijas a la pared para la limpieza o el mantenimiento.	
Anclajes de cinturones para la reparación de tejas y cubiertas.	
<i>Equipos de protección individual</i>	<i>Empleo</i>
Gafas de seguridad.	Ocasional
Casco de seguridad.	Ocasional
Ropa de trabajo.	Frecuente
Guantes de cuero o goma.	Ocasional
Botas de seguridad.	Frecuente
Cinturones y arneses de seguridad.	Ocasional
Mástiles y cables fiadores.	Ocasional
Mascarilla filtrante.	Ocasional

1.4. Normativa aplicable.

1.4.1. General.

Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de Prevención de Riesgos Laborales por el que se modifican algunos artículos de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, de Prevención de Riesgos Laborales, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.

Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal.

Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención.

Real Decreto 1072/2015, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y Seguridad Industrial.

Orden TAS/2926/2002, de 19 de noviembre, por la que se establecen nuevos modelos para la notificación de los accidentes de trabajo y se posibilita su transmisión por procedimiento electrónico.

Real Decreto 9/2001, de 11 de enero, por el que se regulan los criterios sanitarios para la prevención de la contaminación por legionella en las instalaciones térmicas.

Resolución de 23 de julio de 1998, de la Secretaría de Estado para la Administración Pública, por el que aprueba el Acuerdo Administración-Sindicatos de adaptación a la legislación de prevención de riesgos laborales a la Administración General del Estado.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.

Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.

Resolución de 29 de noviembre de 2001, de la Dirección General de Trabajo, por la que se dispone la inscripción en el Registro y publicación del laudo arbitral de fecha 18 de octubre de 2001, en el conflicto derivado de proceso de sustitución negociada de la derogada Ordenanza Laboral de la Construcción, Vidrio y Cerámica.

Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.

Directiva 92/57/CEE del Consejo, de 24 de junio de 1992, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y salud que deben aplicarse en las obras de construcción temporales o móviles.

Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

Orden de 23 de septiembre de 1966 por la que se modifica el artículo 16 del Reglamento de Seguridad del Trabajo para la Industria de la Construcción de 20 de mayo de 1952.

Orden 31 de enero 1940, del Ministerio de Trabajo, que aprueba el Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Capítulo VII: Andamios. Derogada, salvo el capítulo VII, por la Orden Ministerial de 9 de marzo de 1971.

Orden de 20 de septiembre de 1986 por el que se establece el modelo de libro de incidencias correspondientes a las obras en las que sea obligatorio un estudio de seguridad e higiene en el trabajo.

Orden de 31 de agosto de 1987 sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas en vías fuera de poblado.

Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

Real Decreto 836/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba una nueva Instrucción técnica complementaria "MIE-AEM-2" del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas torre para obras u otras aplicaciones.

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgos de exposición al amianto.

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

1.4.2. Equipos de protección individual.

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

Real Decreto 1849/2000, de 10 de noviembre, por el que se derogan diferentes disposiciones en materia de normalización y homologación de productos industriales.

Resoluciones aprobatorias de Normas Técnicas Reglamentarias para distintos medios de protección personal de trabajadores:

- Resolución por la que se aprueba la Norma Técnica Reglamentaria MT-1 de Cascos de Seguridad, no metálicos.
- Resolución por la que se aprueba la Norma Técnica Reglamentaria MT-2 de Protectores auditivos.
- Resolución por la que se aprueba la Norma Técnica Reglamentaria MT-3 de Pantallas para soldadores.
- Resolución por la que se aprueba la Norma Técnica Reglamentaria MT-4 Guantes aislantes de electricidad.
- Resolución por la que se aprueba la Norma Técnica Reglamentaria MT-5 Calzado de seguridad contra riesgos mecánicos.
- Resolución por la que se aprueba la Norma Técnica Reglamentaria MT-6 Banquetas aislantes de maniobras.
- Resolución por la que se aprueba la Norma Técnica Reglamentaria MT-7 Equipos de protección personal de vías respiratorias, normas comunes y adaptadores faciales.
- Resolución por la que se aprueba la Norma Técnica Reglamentaria MT-8 Equipos de protección personal de vías respiratorias: filtros mecánicos.
- Resolución por la que se aprueba la Norma Técnica Reglamentaria MT-9 Equipos de protección personal de vías respiratorias: mascarillas autofiltrantes.
- Resolución por la que se aprueba la Norma Técnica Reglamentaria MT-10 Equipos de protección personal de vías respiratorias: filtros químicos y mixtos contra amoníaco.

1.4.3. Instalaciones y equipos de obra.

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

1.4.4. Normativa de ámbito local (Ordenanzas municipales).

Normativas relativas a la organización de los trabajadores. Artículos 33 al 40 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborables.

Normativas relativas a la ordenación de profesionales de la seguridad e higiene. Desarrolladas en los Artículos del Real Decreto 780/1998, de 30 de abril sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Normas de administración local. Ordenanzas Municipales en cuanto se refiere a la Seguridad, Higiene y Salud en las Obras y que no contradigan lo relativo al Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Reglamentos Técnicos de los elementos auxiliares:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Real Decreto 88/2013, de 8 de febrero, por el que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria AEM 1 "Ascensores" del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, aprobado por Real Decreto 2291/1985, de 8 de noviembre.
- Real Decreto 836/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba una nueva Instrucción técnica complementaria "MIE-AEM-2" del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas torre para obras u otras aplicaciones.

Normativas derivadas del convenio colectivo provincial.

2 Pliego de condiciones.

2.1.Pliego de cláusulas administrativas.

2.1.1. Objeto del Pliego de condiciones.

El presentes Pliego de condiciones junto con las disposiciones contenidas en el correspondiente Pliego del Proyecto de ejecución, tienen por objeto definir las atribuciones y obligaciones de los agentes que intervienen en materia de Seguridad y Salud, así como las condiciones que deben cumplir las medidas preventivas, las protecciones individuales y colectivas de la construcción de las instalaciones de depuración de aguas residuales procedentes de un matadero, situadas en Bejis (Castellón), según el proyecto redactado. Todo ello con fin de evitar cualquier accidente o enfermedad profesional, que pueden ocasionarse durante el transcurso de la ejecución de la obra o en fututos trabajos de conservación, reparación y mantenimiento.

2.1.2. Disposiciones facultativas.

Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación.

Las atribuciones y las obligaciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas en sus aspectos generales por la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.

Las garantías y responsabilidades de los agentes y trabajadores de la obra frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo en materia de seguridad y salud, son las establecidas por la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las "Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".

El promotor.

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Tiene la responsabilidad de contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud al igual que a los técnicos coordinadores en materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción, facilitando copias a las empresas contratistas, subcontratistas o trabajadores autónomos contratados directamente por el Promotor, exigiendo la presentación de cada Plan de Seguridad y Salud previamente al comienzo de las obras.

La designación del Coordinador en materia de Seguridad y Salud no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

El Promotor tendrá la consideración de Contratista cuando realice la totalidad o determinadas partes de la obra con medios humanos y recursos propios, o en el caso de contratar directamente a trabajadores autónomos para su realización o para trabajos parciales de la misma, excepto en los casos estipulados en el Real Decreto 1627/1997.

El Proyectista.

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Tomará en consideración en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto básico y de ejecución, los principios y criterios generales de prevención en materia de seguridad y salud, de acuerdo con la legislación vigente.

El Contratista y Subcontratista.

Según define el Artículo 2, del Real Decreto 1627/1997:

Contratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el Promotor, con medios humanos y materiales propios o ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras, con sujeción al proyecto y al contrato.

Subcontratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el contratista, empresario principal, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra, con sujeción al proyecto por el que se rige su ejecución.

El Contratista comunicará a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el Artículo 7 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre.

Adoptará todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos Laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de los establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, cumpliendo las órdenes efectuadas por el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Supervisará de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en condiciones adecuadas.

Entregará la información suficiente al coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra, donde se acredite la estructura organizativa de la empresa, sus responsabilidades, funciones, procesos, procedimientos y recursos materiales y humanos disponibles, con el fin de garantizar una adecuada acción preventiva de riesgos de la obra.

Entre las responsabilidades y obligaciones del contratistas y de los subcontratistas en materia de seguridad y salud, cabe destacar las contenidas en el Artículo 11 del Real Decreto 1627/1997, donde se establecen las "Obligaciones de los contratistas y subcontratistas".

- Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
 - El mantenimiento de la obra en buen estado de limpieza.
 - La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
 - La manipulación de distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.
 - El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
 - La delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
 - El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
 - La recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - La adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
 - La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
 - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
- Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.
- Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997.
- Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas y precisas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que haya de adoptarse en lo referente a su seguridad y salud en la obra.
- Atender las indicaciones y consignas del coordinador en materia de seguridad y salud, cumpliendo estrictamente sus instrucciones durante la ejecución de las obras.
- Responderán de la correcta ejecución de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.

- Responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan.
- Las responsabilidades de los coordinadores, de la Dirección facultativa y del Promotor, no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y subcontratistas.

La Dirección Facultativa.

Según define el Artículo 2 del Real Decreto 1627/1997, se entiende como Dirección Facultativa:

El técnico o los técnicos competentes designados por el Promotor, encargados de la dirección y del control de la ejecución de la obra.

Las responsabilidades de la Dirección Facultativa y del Promotor, no eximen en ningún caso de las atribuibles a los contratistas y a los subcontratistas.

Coordinador de Seguridad y Salud en Proyecto.

Es el técnico competente designado por el Promotor para coordinar, durante la fase del proyecto de ejecución, la aplicación de los principios y criterios generales de prevención en materia de seguridad y salud.

Coordinador de Seguridad y Salud en Ejecución.

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, es el técnico competente designado por el Promotor, que forma parte de la Dirección Facultativa.

Asumirá las tareas y responsabilidades asociadas a las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad, tomando las decisiones técnicas y de organización, con el fin de planificar las distintas tareas o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente, estimando la duración requerida para la ejecución de las mismas.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos, apliquen de manera coherentes y responsable los principios de la acción preventiva recogidos en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el Artículo 10 del Real Decreto 1627/1997.

- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La designación del Coordinador de Seguridad y Salud en Proyecto y en Ejecución podrá recaer en misma persona. Además, la Dirección Facultativa podrá asumir estas funciones cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador.

Trabajadores Autónomos.

Es la persona física, distinta del contratista y subcontratista, que realiza de forma personal y directa una actividades profesional, sin sujeción a un contrato de trabajo y que asume contractualmente ante el promotor, el contratista o el subcontratista, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra.

Cuando el trabajador autónomo emplee en la obra a trabajadores por cuenta ajena, tendrá la consideración de contratista o subcontratista.

Los trabajadores autónomos están obligados a:

- Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
 - El mantenimiento de la obra en buen estado de limpieza.
 - El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
 - La recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - La adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
 - La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
 - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
- Cumplir lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.
- Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997.
- Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.

- Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el Artículo 29, Apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a los dispuesto en el Real Decreto 1215/1997.
- Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997.
- Atender las indicaciones y consignas del coordinador en materia de seguridad y salud, cumpliendo estrictamente sus instrucciones durante la ejecución de la obras.

Trabajos por cuenta ajena.

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada de todas las medidas que hayan a adoptarse en lo que refiere a su seguridad y su salud en la obra.

La consulta y la participación de los trabajadores o de sus representantes, se realizarán de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

El contratista facilitará a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones.

Fabricantes y suministrados de equipos de protección y materiales de construcción.

Los fabricantes, importadores y suministradores de maquinaria, equipos, productos y útiles de trabajo, deberán suministrar la información donde se indique la forma correcta de utilización por los trabajadores, las medidas preventivas adicionales que deban tomarse y los riesgos laborales que conlleven tanto su uso normal como su manipulación o empleo inadecuado.

Recursos preventivos.

Con el fin de ejercer las labores de recurso preventivo, según lo establecido en la Ley 31/1995, la Ley 54/2003 y el Real Decreto 604/2006, el empresario designará para la obra los recursos preventivos, que podrán ser:

- a) Uno o varios trabajadores designados por la empresa.
- b) Uno o varios miembros del servicio de prevención propio de la empresa.
- c) Uno o varios miembros del servicio o los servicios de prevención ajenos.

Las personas a las que se asigne esta vigilancia deberán dar las instrucciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas. En caso de observar un deficiente cumplimiento de las mismas o una ausencia, insuficiencia o falta de adecuación de las mismas, se informará al empresario para que éste adopte las medidas necesarias para su corrección, notificándose a su vez al Coordinador de Seguridad y Salud y al resto de la Dirección Facultativa.

En el Plan de Seguridad y Salud se especificarán los casos en que la presencia de los recursos preventivos es necesaria, especificándose expresamente el nombre de la persona o personas designadas para tal fin, concretando las tareas en las que inicialmente se prevé necesaria su presencia.

2.1.3. Formación en Seguridad.

Con el fin de que todo el personal que acceda a la obra disponga de la suficiente formación en las materias preventivas de seguridad y salud, la empresa se encargará de su formación para la adecuada prevención de riesgos y el correcto uso de las protecciones colectivas e individuales. Dicha formación alcanzará todos los niveles de la empresa, desde los directivos hasta los trabajadores no cualificados, incluyendo a los técnicos, encargados, especialistas y operados de máquinas entre otros.

2.1.4. Reconocimientos médicos.

La vigilancia del estado de salud de los trabajadores quedará garantizada por la empresa contratista, en función de los riesgos inherentes al trabajo asignado y en los casos establecidos por la legislación vigente.

Dicha vigilancia será voluntaria, excepto cuando la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre su salud, o para verificar que su estado de salud no constituye un peligro para otras personas o para el mismo trabajador.

2.1.5. Salud e higiene en el trabajo.

Primeros auxilios.

El empresario designará al personal encargado de la adopción de las medidas necesarias en caso de accidente, con el fin de garantizar la prestación de los primeros auxilios y la evacuación del accidentado.

Se dispondrá, en un lugar visible de la obra y accesible a los operarios, un botiquín perfectamente equipado con material sanitario destinado a primeros auxilios.

El Contratista instalará rótulos con caracteres legibles hasta una distancia de 2 m., en el que se suministre a los trabajadores y participantes en la obra la información suficiente para establecer rápido contacto con el centro asistencial más próximo.

Actuación en caso de accidente.

En caso de accidente se tomarán solamente las medidas indispensables hasta que llegue la asistencia médica, para que el accidentado pueda ser trasladado con rapidez y sin riesgo. En ningún caso se le moverá, excepto cuando sea imprescindible para su integridad.

Se comprobarán sus signos vitales (consciencia, respiración, pulso y presión sanguínea), se le intentará tranquilizar, y se le cubrirá con una manta para mantener su temperatura corporal.

No se le suministrará agua, bebidas o medicamento alguno y, en caso de hemorragia, se presionarán las heridas con gasas limpias.

El empresario notificará el accidente por escrito a la autoridad laboral, conforme al procedimiento reglamentario.

2.1.6. Documentación de obra.

Estudio de Seguridad y Salud.

Es el documento elaborado por el técnico competente designado por el Promotor, donde se precisan las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello.

Incluye también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, las debidas condiciones de seguridad y salud, en los previsiones trabajos posteriores.

Plan de Seguridad y Salud.

En aplicación del presente estudio de seguridad y salud, cada Contratista, antes del inicio de la obra, elaborará el correspondiente plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el presente estudio, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el Contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

El plan de seguridad y salud podrá ser modificado por el Contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir durante el desarrollo de la misma, siempre con la aprobación expresa del Coordinador de Seguridad y Salud y la Dirección Facultativa.

Quienes intervenga en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos y de la Dirección Facultativa.

Acta de aprobación del plan.

El plan de seguridad y salud elaborado por el Contratista será aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, por la Dirección Facultativa o por la Administración en el caso de obras públicas, quien deberá emitir un acta de aprobación como documento acreditativo de dicha operación, visado por el Colegio Profesional correspondiente.

Comunicación de apertura de centro de trabajo.

La comunicación de apertura del centro de trabajo a la autoridad laboral competente será previa al comienzo de los trabajos y se presentará únicamente por los empresarios que tengan la consideración de contratistas.

La comunicación contendrá los datos de la empresa, del centro de trabajo y de producción y/o almacenamiento del centro de trabajo. Deberá incluir, además, el plan de seguridad y salud.

Libro de incidencias.

Con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, en cada centro de trabajo existirá un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado a tal efecto.

Será facilitado por el colegio profesional que vise el acta de aprobación del plan o la oficina de supervisión de proyectos u órgano equivalente cuando se trata de obras de las administraciones públicas.

El libro de incidencias deberá mantenerse siempre en la obra, en poder del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, teniendo acceso la Dirección Facultativa de la obra, los contratistas y subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las administraciones públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Efectuada una anotación en el Libro de Incidencias, el Coordinador estará obligado a remitir en el plazo de veinticuatro horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en la que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y los representantes de los trabajadores.

Cuando el Coordinador de Seguridad y Salud durante de ejecución de las obras, observa incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el Libro de Incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización del trabajo o, en su caso, de la totalidad de la obra. Dará cuenta de este hecho a efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al Contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados de la paralización y a los representantes de los trabajadores.

Libro de órdenes.

En la obra existirá un libro de órdenes y asistencias, en el que la Dirección Facultativa reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra.

Las anotaciones así expuestas tienen rango de órdenes o comentarios necesarios de ejecución de obra y, en consecuencia, serán respetadas por el Contratista de la obra.

Libro de visitas.

El libro de visitas deberá estar en obra, a disposición permanente de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.

El primer libro lo habilitará el Jefe de la Inspección de la provincia en que se encuentre la obra. Para habilitar el segundo o los siguientes, será necesario presentar el anterior. En caso de pérdida o destrucción, el representante legal de la empresa deberá justificar por escrito los motivos y las pruebas. Una vez agotado un libro, se conservará durante 5 años, contados desde la última diligencia.

Libro de subcontratación.

El Contratista deberá disponer de un libro de subcontratación, que permanecerá en todo momento en la obra, reflejando por orden cronológico desde el comienzo de los trabajos, todas y cada una de las subcontrataciones realizadas en una determinada obra con empresas subcontratistas y trabajadores autónomos.

El libro de subcontratación cumplirá las prescripciones contenidas en el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de las subcontratación en el Sector de la Construcción, en particular el Artículo 15 por el que se regula el "Contenido del Libro de Subcontratación" y el Artículo 16 por el que se regulan las "Obligaciones y derechos relativos al Libro de Subcontratación".

Al libro de subcontratación tendrán acceso el Promotor, la Dirección Facultativa, el Coordinador de Seguridad y Salud en la fase de ejecución de las obras, las empresas y los trabajadores autónomos intervinientes en la obra, los técnicos de prevención, los delegados de prevención, la autoridad laboral y los representantes de los trabajadores de las diferentes empresas que intervenga en la ejecución de la obra.

2.1.7. Disposiciones Económicas.

El marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra, se fija en el Pliego de Condiciones del Proyecto y en el correspondiente contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

2.2. Pliego de condiciones técnicas particulares.

2.2.1. Medios de protección colectiva.

Los medios de protección colectiva se colocarán según las especificaciones del plan de seguridad y salud antes de iniciar el trabajo en el que se requieran, no suponiendo un riesgo en sí mismos.

Se repondrán siempre que estén deteriorados, al final del periodo de su vida útil, después de estar sometidos a solicitaciones límite, o cuando sus tolerancias sean superiores a las admitidas o aconsejadas por el fabricante.

El mantenimiento será vigilado cada semana por el Delegado de Prevención.

El encargado y el jefe de obra, son los responsables de velar por la correcta utilización de los elementos de protección colectiva, contando con el asesoramiento y colaboración de los departamentos de almacén, maquinaria y del propio Servicio de Seguridad de la Empresa Constructora.

2.2.2. Medios de protección individual.

Dispondrán del marcado CE, que llevarán inscrito en el propio equipo, en el embalaje y el folleto informativo.

Todo elemento de protección personal se ajustará a las normas de homologación del Ministerio de Trabajo y/o Conselleria y, en caso de que no exista la norma de homologación, la calidad exigida será la adecuada a las prestaciones previstas.

Serán ergonómicos y no causarán molestias innecesarias. Nunca supondrán un riesgo en sí mismos, ni perderán su seguridad de forma involuntaria.

El fabricante los suministrará junto con un folleto informativo en el que aparecerán las instrucciones de uso y mantenimiento, nombre y dirección del fabricante, grado o clase de protección, accesorios que puedan llevar y características de las piezas de repuesto, límite de uso, plazo de vida útil y controles a los que se ha sometido. Estará redactado de forma comprensible y, en el caso de los equipos de importación, traducidos a la lengua oficial.

Serán suministrados gratuitamente por el empresario y se reemplazarán siempre que estén deteriorados, al final del periodo de su vida útil o después de estar sometidos a solicitaciones límite.

Se utilizarán de forma personal y para los usos previstos por el fabricante, supervisando el mantenimiento el Delegado de Prevención.

2.2.3. Empleo y mantenimiento de la maquinaria

Se cumplirá lo indicado por el Reglamento de Seguridad en las máquinas, RD. 1495/86, sobre todo en lo que se refiere a las instrucciones de uso, y a la instalación y puesta en servicio, inspecciones y revisiones periódicas, y reglas generales de seguridad.

2.2.4. Empleo y mantenimiento de útiles y herramientas.

Tanto en el empleo como en la conservación de los útiles y herramientas, el encargado de la obra velará por su correcto empleo y conservación, exigiendo a los trabajadores el cumplimiento de las especificaciones emitidas por el fabricante para cada útil o herramienta.

El encargado de obra establecerá un sistema de control de los útiles y herramientas con el fin de que se utilicen con las prescripciones de seguridad específicas para cada una de ellas.

Las herramientas y útiles establecidos en las previsiones de este estudio pertenecen al grupo de herramientas y útiles conocidos y con experiencias en su empleo, debiéndose aplicar las normas generales, de carácter práctico y de general conocimiento, vigentes según los criterios generales admitidos.

2.2.5. Instalaciones provisionales de salud y confort

Los locales destinados a instalaciones provisionales de salud y confort tendrán una temperatura, iluminación, ventilación y condiciones de humedad adecuadas para su uso. Los revestimientos de los suelos, paredes y techos serán continuos, lisos e impermeables, acabados preferentemente con colores claros y con material que permita la limpieza con desinfectantes o antisépticos.

El Contratista mantendrá las instalaciones en perfectas condiciones sanitarias (limpieza diaria), estarán provistas de agua corriente fría y caliente y dotadas de los complementos necesarios para higiene personal, tales como jabón, toallas y recipientes de desechos.

Vestuarios

Serán de fácil acceso, estarán próximos al área de trabajo y tendrán asientos y taquillas independientes bajo llave, con espacio suficiente para guardar la ropa y el calzado.

Se dispondrá una superficie mínima de 2 m^2 por cada trabajador destinada a vestuario, con una altura mínima de 2,30 m.

Cuando no se disponga de vestuarios, se habilitará una zona para dejar la ropa y los objetos personales bajo llave.

Aseos y duchas

Estarán junto a los vestuarios y dispondrán de instalación de agua fría y caliente, ubicando al menos una cuarta parte de los grifos en cabinas individuales con puerta con cierre inferior.

Las cabinas tendrán una superficie mínima de 2 m^2 y una altura mínima de 2,30 m.

La dotación mínima prevista para los aseos será de:

- 1 ducha por cada 10 trabajadores o fracción que trabajen en la misma jornada.
- 1 retrete por cada 25 hombre o fracción y 1 por cada 15 mujeres o fracción.
- 1 lavabo por cada retrete.
- 1 urinario por cada 25 hombre o fracción.
- 1 secamanos de celulosa o eléctrico por cada lavabo.
- 1 jabonera dosificadora por cada lavabo.
- 1 recipiente para recogida de celulosa sanitaria.
- 1 portarrollos con papel higiénico por cada inodoro.

Retretes

Serán de fácil acceso y estarán próximos al área de trabajo. Se ubicarán preferentemente en cabinas de dimensiones mínimas $1,2 \times 1,0\text{ m}$ con altura de 2,30 m, sin visibilidad desde el exterior y provistas de perchas y puerta con cierre interior.

Dispondrán de ventilación al exterior, pudiendo no tener techo siempre que comuniquen con aseos o pasillos con ventilación exterior, evitando cualquier comunicación con comedores, cocinas, dormitorios o vestuarios.

Tendrán descarga automática de agua corriente y en el caso de que no puedan conectarse a la red de alcantarillado se dispondrá de letrinas sanitarios o fosas sépticas.

3 Presupuesto

3.1.Presupuesto parcial nº1 Primeros Auxilios.

Código	Ud.	Denominación	Medición	Precio	Total
--------	-----	--------------	----------	--------	-------

1.1 YMM010 Ud. Botiquín de urgencias en caseta de obra.

Total Ud.: 1,000 89,11 89,11

Total presupuesto parcial nº1 89,11

3.2.Presupuesto parcial nº2 Formación.

Código	Ud.	Denominación	Medición	Precio	Total
2.1 YFX010	Ud.	Formación del personal, necesaria para el cumplimiento de la normativa vigente en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo.			
		Total Ud.:	25,000	103,00	2.575,00

Total presupuesto parcial nº2 2.575,00

3.3.Presupuesto parcial nº3 Instalaciones Provisionales.

Código	Ud.	Denominación	Medición	Precio	Total
3.1 YPA010	Ud.	Acometida provisional de fontanería enterrada a caseta prefabricada de obra.			
		Total Ud.:	1,000	91,63	91,63
3.2 YPA010b	Ud.	Acometida provisional de saneamiento enterrada a caseta prefabricada de obra.			
		Total Ud.:	1,000	369,51	369,51
3.3 YPA010c	Ud.	Acometida provisional de electricidad aérea a caseta prefabricada de obra.			
		Total Ud.:	1,000	156,67	156,67
3.4 YPC020	Ud.	Alquiler mensual de caseta prefabricada para vestuarios en obra, de 7,87x2,33x2,30 m (18,40 m²).			
		Total Ud.:	27,000	166,33	4.490,91
3.5 YPC010	Ud.	Alquiler mensual de caseta prefabricada para aseos en obra, de 4,10x1,90x2,30 m (7,80 m²).			
		Total Ud.:	9,000	150,95	1.358,55
3.6 YPM010	Ud.	20 taquillas individuales, 20 perchas, 4 bancos para 5 personas, 2 espejos, 2 portarrollos, 2 jaboneras en local o caseta de obra para vestuarios y/o aseos.			
		Total Ud.:	1,000	847,26	847,26
Total presupuesto parcial nº3					7.314,53

3.4.Presupuesto parcial n°4 Protecciones Colectivas.

Código	Ud.	Denominación	Medición	Precio	Total
4.1 YCB030	m	Vallado perimetral formado por vallas peatonales de hierro, de 1,10x2,50 m, amortizables en 20 usos, para delimitación de excavaciones abiertas.			
		Total m	100,000	2,32	232,00
4.2 YCB040	Ud.	Pasarela de acero, de 1,50 m de longitud para anchura máxima de zanja de 0,9 m, anchura útil de 0,87 m, barandillas laterales de 1 m de altura, amortizables en 20 usos, para protección de paso peatonal sobre zanjas abiertas.			
		Total Ud.	2,000	13,41	26,82
4.3 YCB050	m²	Plataforma de chapa de acero de 10 mm de espesor, amortizable en 10 usos, para protección de paso de vehículos sobre zanjas abiertas en calzada.			
		Total m ²	2,000	6,84	13,68
4.4 YCB060	m	Tope para protección de la caída de camiones durante los trabajos de descarga en bordes de excavación, compuesto por 2 tablones de madera de 25x7,5 cm, amortizables en 4 usos y perfiles de acero S275JR, laminado en caliente, de la serie IPN 200, galvanizado en caliente, de 1 m de longitud, hincados en el terreno cada 2,0 m, amortizables en 5 usos.			
		Total m.	3,000	15,52	46,56

4.5 YCB070b m Barandilla de seguridad para protección de bordes de excavación, de 1 m de altura, formada por pasamanos y travesaño intermedio de barra de acero corrugado B 500 S de 16 mm de diámetro y rodapié de tabloncillo de madera de 15x5,2 cm, todo ello sujeto mediante bridas de nylon y alambre a montantes de barra de acero corrugado B 500 S de 20 mm de diámetro, hincados en el terreno cada 1,00 m. Amortizables las barras en 5 usos, la madera en 5 usos y los tapones protectores en 5 usos.

Total m: 430,000 9,15 3.934,50

4.6 YCR010 m Vallado provisional de solar, de 2,2 m de altura, compuesto por malla electrosoldada ME 20x20 Ø 8-8 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080, sujeta mediante puntas de acero a rollizos de madera, de 10 a 12 cm de diámetro y 3,2 m de longitud, hincados en el terreno cada 2,5 m. Amortizable la malla electrosoldada en 1 uso y los soportes en 5 usos.

Total m: 434,000 11,85 5.142,90

4.7 YCM010 m Escalera fija provisional de madera, de 1,00 m de anchura útil, barandillas laterales de 1,00 m de altura, amortizable en 3 usos, para protección de paso peatonal entre dos puntos situados a distinto nivel, salvando una altura máxima de 3,70 m entre mesetas.

Total m: 3,700 47,86 177,08

4.8 YCM010 m Escalera fija provisional de madera, de 1,00 m de anchura útil, barandillas laterales de 1,00 m de altura, amortizable en 3 usos, para protección de paso peatonal entre dos puntos situados a distinto nivel, salvando una altura máxima de 3,70 m entre mesetas.

Total m: 1,430 47,86 68,44

4.9 YCM010 m Escalera fija provisional de madera, de 1,00 m de anchura útil, barandillas laterales de 1,00 m de altura, amortizable en 3 usos, para protección de paso peatonal entre dos puntos situados a distinto nivel, salvando una altura máxima de 3,70 m entre mesetas.

Total m: 1,700 47,86 81,36

4.10 YCM010	m	Escalera fija provisional de madera, de 1,00 m de anchura útil, barandillas laterales de 1,00 m de altura, amortizable en 3 usos, para protección de paso peatonal entre dos puntos situados a distinto nivel, salvando una altura máxima de 3,70 m entre mesetas.			
		Total m	4,510	47,86	215,85
4.11 YCM010	m	Escalera fija provisional de madera, de 1,00 m de anchura útil, barandillas laterales de 1,00 m de altura, amortizable en 3 usos, para protección de paso peatonal entre dos puntos situados a distinto nivel, salvando una altura máxima de 3,70 m entre mesetas.			
		Total m	2,500	47,86	119,65
4.12 YCM010	m	Escalera fija provisional de madera, de 1,00 m de anchura útil, barandillas laterales de 1,00 m de altura, amortizable en 3 usos, para protección de paso peatonal entre dos puntos situados a distinto nivel, salvando una altura máxima de 3,70 m entre mesetas.			
		Total m	2,040	47,86	97,63
4.13 YCU010	Ud.	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-113B-C, con 6 kg de agente extintor, amortizable en 3 usos.			
		Total Ud.	2,000	13,16	26,32

Total presupuesto parcial nº4 10.182,79

3.5.Presupuesto parcial nº5 Protecciones Individuales.

Código	Ud.	Denominación	Medición	Precio	Total
5.1 YIC010	Ud.	Casco contra golpes.			
		Total Ud.:	25,000	0,21	5,25
5.2 YID020	Ud.	Sistema de sujeción y retención compuesto por un conector básico (clase B), amortizable en 10 usos; una cuerda de fibra de longitud fija como elemento de amarre, amortizable en 4 usos; un absorbedor de energía, amortizable en 4 usos y un arnés de asiento, amortizable en 4 usos.			
		Total Ud.:	4,000	56,58	226,32
5.3 YIJ010	Ud.	Gafas de protección con montadura integral, resistentes a polvo grueso.			
		Total Ud.:	25,000	1,57	39,25
5.4 YIJ010b	Ud.	Pantalla de protección facial, para soldadores, con fijación en la cabeza y con filtros de soldadura.			
		Total Ud.:	3,000	2,16	6,48
5.5 YIM010	Ud.	Par de guantes contra riesgos mecánicos.			
		Total m:	25,000	1,19	29,75
5.6 YIM010b	Ud.	Par de guantes para soldadores.			
		Total m:	3,000	0,81	2,43

5.7 YIO010 Ud. Juego de orejeras, estándar, con atenuación acústica de 15 dB.

Total Ud.: 25,000 0,89 22,25

5.8 YIP010 Ud. Par de botas de media caña de seguridad, con resistencia al deslizamiento, zona del tacón cerrada, resistente a la penetración y absorción de agua, aislante, con código de designación SB.

Total Ud.: 25,000 16,27 406,75

Total presupuesto parcial nº5 738,48

3.6.Presupuesto parcial nº6 Señalización.

Código	Ud.	Denominación	Medición	Precio	Total
6.1 YSS020	Ud.	Cartel general indicativo de riesgos, de PVC serigrafiado, de 990x670 mm, amortizable en 3 usos, fijado con bridas.			
		Total Ud.:	3,000	6,34	19,02
6.2 YSS030	Ud.	Señal de advertencia, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma negro de forma triangular sobre fondo amarillo, amortizable en 3 usos, fijada con bridas.			
		Total Ud.:	3,000	3,25	9,75
6.3 YSS034	Ud.	Señal de evacuación, salvamento y socorro, de PVC serigrafiado, de 297x210 mm, con pictograma blanco de forma rectangular sobre fondo verde, amortizable en 3 usos, fijada con bridas.			
		Total Ud.:	3,000	3,58	10,74
6.4 YSX010	Ud.	Cartel indicativo con los teléfonos de urgencias y los centros sanitarios más próximos.			
		Total Ud.:	2,000	52,00	104,00
Total presupuesto parcial nº6				143,51	

3.7.Presupuesto de ejecución material

1	PRIMEROS AUXILIOS.....	89,11
2	FORMACIÓN.....	2.575,00
3	INSTALACIONES PROVISIONALES.....	7.314,53
4	PROTECCIONES COLECTIVAS.....	10.182, 79
5	PROTECCIONES INDIVIDUALES.....	738,48
6	SEÑALIZACIÓN.....	143,51
TOTAL:		21.043,42

El presupuesto de Seguridad y Salud asciende a la expresada cantidad de **VEINTIÚN MIL CUARENTA Y TRES EUROS CON CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS.**

PLANOS

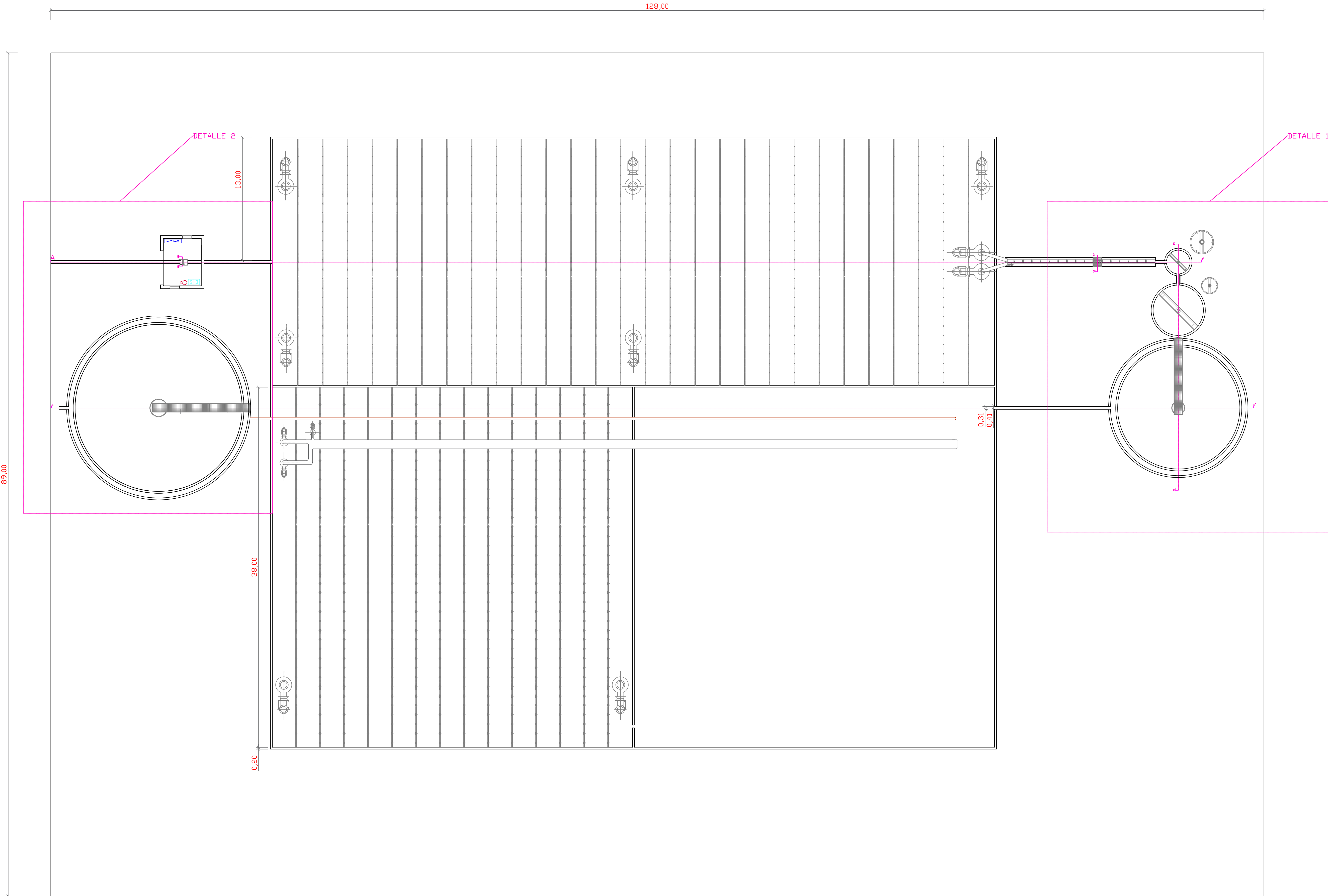
Índice

Plano 01. Planta.

Plano 02. Secciones.

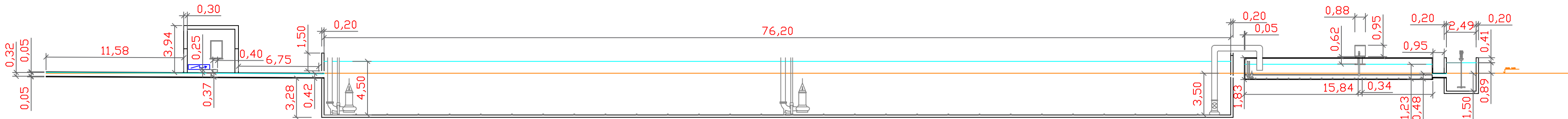
Plano 03. Secciones.

Plano 04. Detalles.



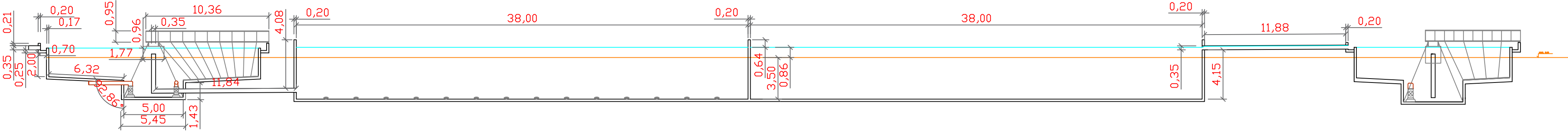
PROYECTO			LÍNEA DE AGUA DE UNA PTAR PROCEDENTE DE UN MATADERO PORCINO	
EMPLAZAMIENTO :			BEJIS (CASTELLÓN)	
FECHA:			NOVIEMBRE 2016	PLANO DE: PLANTA
AUTOR:			CRISTINA PALLARÉS BOSQUE	01

SECCIÓN A-A'



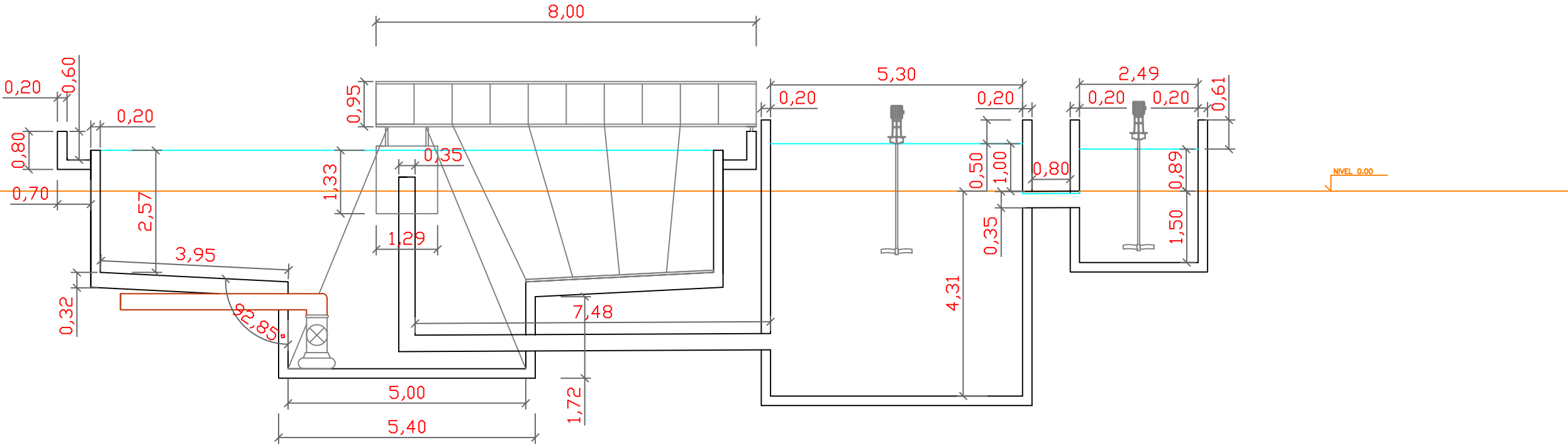
ESCALA:
1:250

SECCIÓN E-E'



ESCALA:
1:250

SECCIÓN D-D'



ESCALA:
1:100

PROYECTO
LÍNEA DE AGUA DE UNA PTAR PROCEDENTE DE UN MATADERO PORCINO

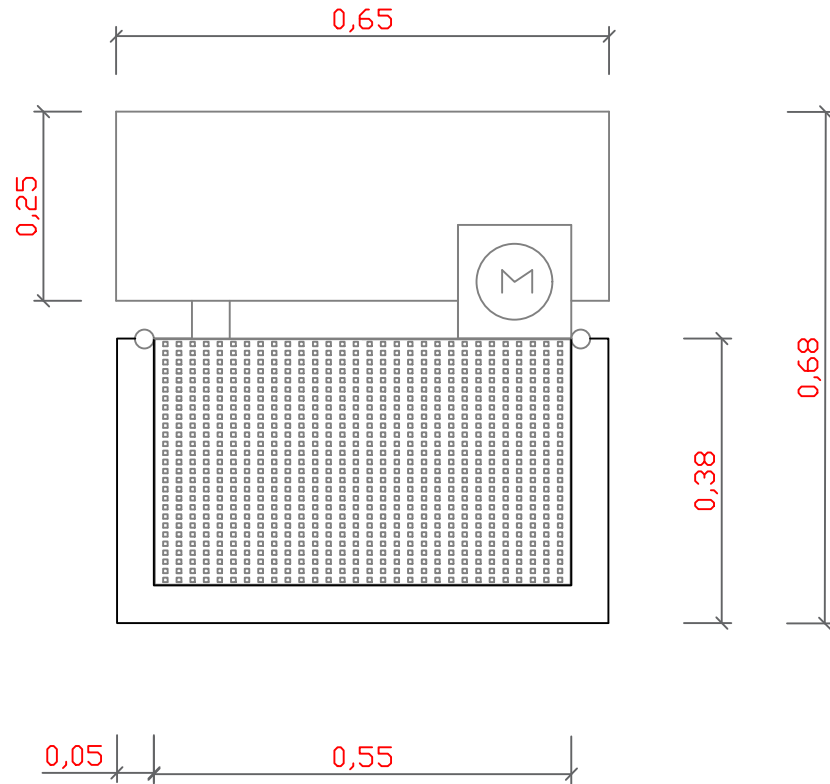
EMPLAZAMIENTO :
BEJIS (CASTELLÓN)

PLANO DE:
SECCIONES

FECHA: NOVIEMBRE 2016
ESCALA: ---
PLANO: 02

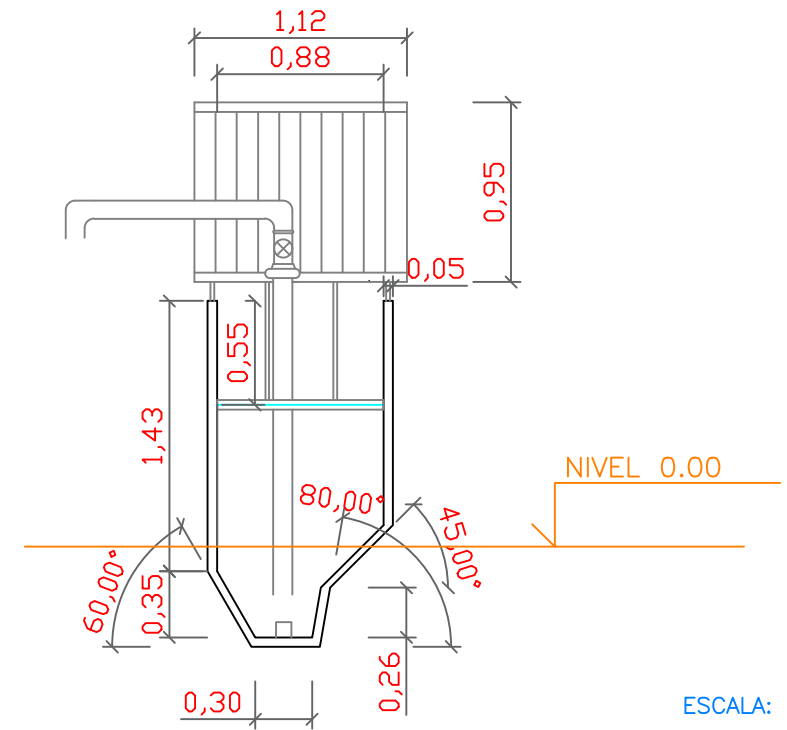
AUTOR:
CRISTINA PALLARÉS BOSQUE

SECCIÓN B-B'



ESCALA:
1:10

SECCIÓN C-C'



ESCALA:
1:40

PROYECTO

LÍNEA DE AGUA DE UNA PTAR PROCEDENTE DE UN MATADERO PORCINO

EMPLAZAMIENTO :

BEJIS (CASTELLÓN)

PLANO DE:

SECCIONES

ESCALA:

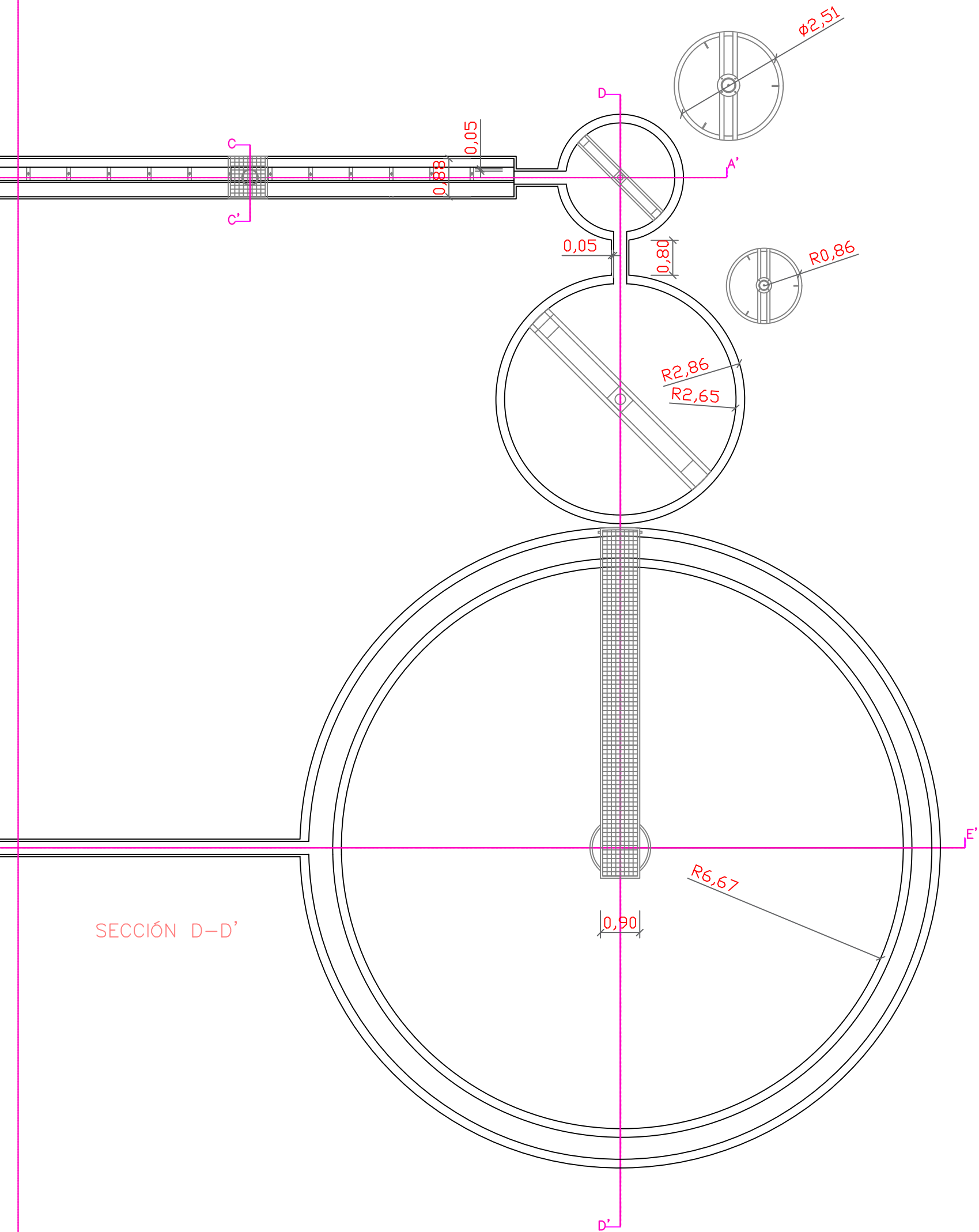
PLANO:

03

NOVIEMBRE 2016

CRISTINA PALLARÉS BOSQUE

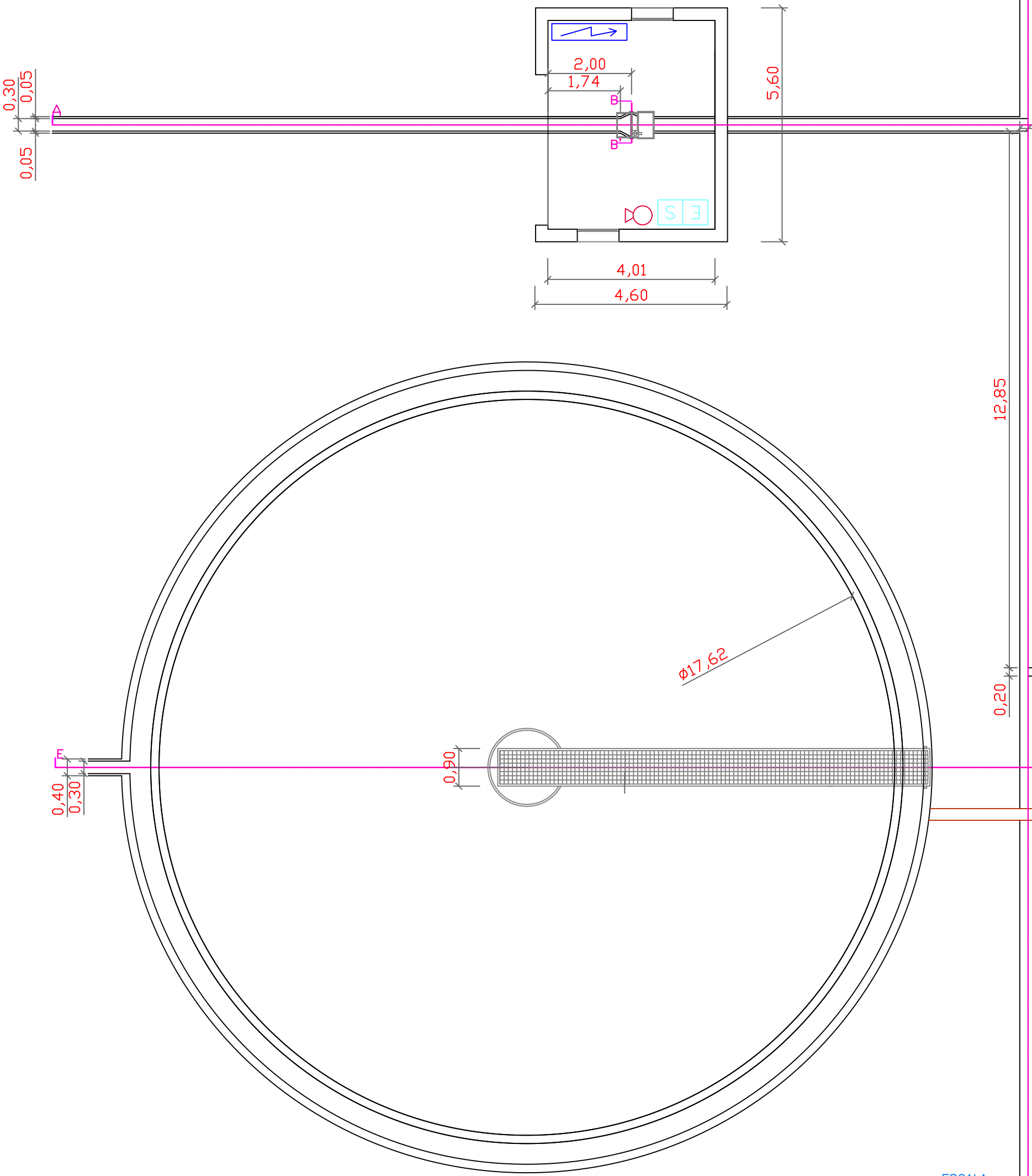
DETALLE 1



SECCIÓN D-D'

ESCALA:
1:100

DETALLE 1



ESCALA:
1:100

PROYECTO
LÍNEA DE AGUA DE UNA PTAR PROCEDENTE DE UN MATADERO PORCINO

EMPLAZAMIENTO :
BEJIS (CASTELLÓN)

FECHA:
NOVIEMBRE 2016

ESCALA:

PLANO:
04

AUTOR:
CRISTINA PALLARÉS BOSQUE

PLANO DE:
DETALLES

PLIEGO DE CONDICIONES

Índice

CAPITULO 1. CONDICIONES GENERALES.....	7
OBJETO.....	7
DOCUMENTOS.....	7
CAPITULO 2. CONDICIONES FACULTATIVAS.....	8
ATRIBUCIONES DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA.	8
Artículo I. Dirección.	8
Artículo II. Inalterabilidad del proyecto.....	8
Artículo III. Competencias específicas.	8
OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA.	9
Artículo I. Definición.	9
Artículo II. Delegado de Obra.....	9
Artículo III. Personal.....	9
Artículo IV. Normativa.	9
Artículo V. Conocimiento y modificaciones del Proyecto.	9
Artículo VI. Realización de las obras.....	10
Artículo VII. Responsabilidades	10
Artículo VIII: Medios auxiliares.....	10
Artículo IX. Seguridad.	10
ATRIBUCIONES Y OBLIGACIONES DE LA PROPIEDAD.....	11
Artículo I. Definición.	11
Artículo II. Desarrollo técnico adecuado.	11
Artículo III. Interrupción de las obras.....	11
Artículo IV. Cumplimiento de la Normativa Urbanística.....	11
Artículo V. Actuación en el desarrollo de la obra.....	11
Artículo VI. Honorarios.	12

CAPITULO 3. CONDICIONES ECONÓMICO -ADMINISTRATIVAS.....	13
CONDICIONES GENERALES.....	13
Artículo I. Pagos al contratista.....	13
CRITERIOS DE MEDICIÓN.....	13
Artículo I. Partidas contenidas en Proyecto.....	13
Artículo II. Partidas no contenidas en el Proyecto.....	13
CRITERIOS DE VALORACIÓN.....	13
Artículo I. Precios contratados.....	13
Artículo II. Precios contradictorios.....	13
Artículo III. Partidas alzadas a justificar.....	14
Artículo IV. Partidas alzadas de abono integro.....	14
Artículo V. Revisión de Precios.....	14
CAPITULO 4. CONDICIONES LEGALES.....	15
NORMAS, REGLAMENTOS Y DEMÁS DISPOSICIONES VIGENTES.....	15
Artículo I. Cumplimiento.....	15
CAPITULO 5. CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....	16
CONDICIONES GENERALES.....	16
Artículo I. Normativa.....	16
Artículo II. Ejecución de las obras.....	16
CONDICIONES QUE DEBEN SATISFACER LOS MATERIALES.....	16
Artículo I. Hormigones.....	19
Artículo II. Acero.....	25
Artículo III. Materiales auxiliares de hormigón.....	31
Artículo IV. Encofrados y cimbras.....	32
Artículo V. Aglomerantes excluidos cemento.....	32
Artículo VI. Materiales de cubiertas.....	33
Artículo VII. Plomo y Cinc.....	34
Artículo VIII. Materias para fábricas y forjados.....	34

CONDICIONES QUE DEBEN SATISFACER LA EJECUCIÓN.....	35
Artículo I. Replanteo de las obras.	35
Artículo II. Movimiento de tierras. Desbroce.	36
Artículo III. Movimiento de tierras. Explanación y préstamos.....	36
Artículo IV. Movimiento de tierras. Excavación en zanjas y pozos.	37
Artículo V. Movimiento de tierras. Relleno y apisonado de zanjas o pozos.	38
Artículo VI. Red de Saneamiento.	38
Artículo VII. Estructura.....	39
Artículo VIII. Aislamiento.	40
Artículo IX. Cubiertas planas.....	41
Artículo X. Albañilería.....	42
Artículo XI. Carpintería de metal.....	44
Artículo XII. Pintura.	44
Artículo XIII. Fontanería.....	45
Artículo XIV. Instalación eléctrica.	45
Artículo XV. Trabajos de remate, decoración y varios.....	48
Artículo XVI. Gestión de residuos.....	49
Artículo XVII. Ayudas.....	51
Artículo XVIII. Precauciones a adoptar.....	51

CAPITULO 1. CONDICIONES GENERALES.

OBJETO.

Son objeto de este pliego de condiciones todos los trabajos de los diferentes oficios, necesarios para la total realización de los trabajos contemplados en la presente memoria, incluidos todos los materiales y medios auxiliares, así como la definición de la normativa legal a que estén sujetos todos los procesos y las personas que intervienen en la obra, y el establecimiento previo de unos criterios y medios con los que se puede estimar y valorar las obras realizadas.

DOCUMENTOS.

Los documentos que han de servir de base para la realización de las obras son, junto con el presente Pliego de Condiciones, la Memoria Descriptiva, los Planos y el Presupuesto.

La Dirección Facultativa podrá suministrar los planos o documentos de obra que considere necesarios a lo largo de la misma, y en el Libro de Órdenes y Asistencias, que estará en todo momento en la obra, podrá fijar cuantas órdenes o instrucciones crea oportunas con indicación de la fecha y la firma de dicha Dirección, así como la del enterado del contratista, encargado o técnico que lo represente.

CAPITULO 2. CONDICIONES FACULTATIVAS.

ATRIBUCIONES DE LA DIRECCIÓN TÉCNICA.

Artículo I. Dirección.

El Arquitecto, el Arquitecto Técnico y el Ingeniero ostentarán de manera exclusiva la dirección y coordinación de todo el equipo técnico que pudiera intervenir en la obra.

Le corresponderá realizar la interpretación técnica y económica del Proyecto, así como establecer las medidas necesarias para el desarrollo de la obra, con las adaptaciones, detalles complementarios y modificaciones precisas.

Artículo II. Inalterabilidad del proyecto.

El proyecto será inalterable salvo que el Ingeniero renuncie expresamente a dicho proyecto o autorice las modificaciones propuestas, o fuera rescindido el convenio de prestación de servicios, suscrito por el promotor, en los términos y condiciones legalmente establecidos.

Artículo III. Competencias específicas.

La Dirección Facultativa redactará y entregará, junto con los documentos señalados en el Capítulo 1, las liquidaciones, las certificaciones de plazos o estados de obra, las correspondientes a la revisión provisional y definitiva, y, en general, toda la documentación propia de la obra misma.

Así mismo, la Dirección Facultativa vigilará el cumplimiento de las Normas y Reglamentos vigentes, comprobará las alineaciones y replanteos.

OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA.

Artículo I. Definición.

Se entiende por contratista a la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el promotor, con medios humanos y materiales propios o ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras con sujeción al proyecto y al contrato.

Artículo II. Delegado de Obra.

Se entiende por Delegado de Obra a la persona designada expresamente por el Contratista con capacidad suficiente para ostentar la representación de este, y organizar la ejecución de la obra. Dicho delegado deberá poseer la titulación profesional adecuada cuando, dada la complejidad y volumen de la obra, la Dirección Facultativa lo considere conveniente.

Artículo III. Personal.

El nivel técnico y la experiencia del personal aportado por el contratista serán adecuados, en cada caso, a las funciones que le hayan sido encomendadas.

Artículo IV. Normativa.

El contratista estará obligado a conocer y cumplir estrictamente toda la normativa vigente en el campo técnico, laboral, y de seguridad e higiene en el trabajo.

Artículo V. Conocimiento y modificaciones del Proyecto.

El contratista deberá conocer el Proyecto en todos sus documentos, solicitando en caso necesario todas las aclaraciones que estime oportunas para la correcta interpretación del mismo en la ejecución de la obra.

Podrá proponer todas las modificaciones constructivas que crea adecuadas a la consideración del Arquitecto, Arquitecto Técnico o Ingeniero, pudiendo llevarlas a cabo con la autorización por escrito de estos.

Artículo VI. Realización de las obras.

El contratista realizará la construcción de acuerdo con la documentación de Proyecto y las Prescripciones, Órdenes y Planos complementarios que la Dirección Facultativa pueda suministrar a lo largo de la obra hasta la edificación total de la misma, todo ello en el plazo estipulado.

Artículo VII. Responsabilidades.

El contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y, por consiguiente, de los defectos que, bien por mala ejecución, pudieran existir. También será responsable de aquellas partes de la obra que subcontrate, siempre con constructores legalmente capacitados.

Artículo VIII: Medios auxiliares.

El contratista aportará los medios auxiliares necesarios para la ejecución de la obra en su debido orden de trabajos. Estará obligado a realizar con sus medios, materiales y personal cuando disponga la Dirección Facultativa en orden a la seguridad y buena marcha de la obra.

Artículo IX. Seguridad.

El contratista será el responsable de los accidentes que pudieran producirse en el desarrollo de la obra por impericia o descuido, y de los daños que por la misma causa pueda ocasionar a terceros. En este sentido estará obligado a cumplir las leyes, reglamentos y ordenanzas vigentes, especialmente todo aquello especificado en el Estudio de Seguridad y Salud que acompaña al Proyecto.

ATRIBUCIONES Y OBLIGACIONES DE LA PROPIEDAD.

Artículo I. Definición.

Es aquella persona, física o jurídica, pública o privada que se propone ejecutar, dentro de los cauces legalmente establecidos, una obra arquitectónica o urbanística.

Artículo II. Desarrollo técnico adecuado.

La Propiedad podrá exigir de la Dirección Facultativa el desarrollo técnico adecuado del Proyecto y de su ejecución material, dentro de las limitaciones legales existentes.

Artículo III. Interrupción de las obras.

La Propiedad podrá desistir en cualquier momento de la construcción de las obras, sin perjuicio de las indemnizaciones que, en su caso, deberá satisfacer.

Artículo IV. Cumplimiento de la Normativa Urbanística.

De acuerdo con lo establecido por la ley sobre Régimen del Suelo y Ordenación Urbana, la propiedad estará obligada al cumplimiento de todas las disposiciones sobre ordenación urbana vigentes, no pudiendo comenzar las obras sin tener concedida la correspondiente licencia de los organismos competentes.

Deberá comunicar a la Dirección Facultativa dicha concesión, pues de lo contrario esta podrá paralizar las obras, siendo la Propiedad la única responsable de los perjuicios que pudieran derivarse.

Artículo V. Actuación en el desarrollo de la obra.

La Propiedad se abstendrá de ordenar la ejecución de la obra alguna o la introducción de modificaciones sin la autorización de la Dirección Facultativa, así como a dar a la obra un uso distinto para el que fue proyectada, dado que dicha modificación pudiera afectar a la seguridad del edificio por no estar prevista en las condiciones de encargo del Proyecto.

Artículo VI. Honorarios.

El propietario está obligado a satisfacer en el momento oportuno todos los honorarios que se hayan devengado, según la tarifa vigente, en los Colegios Profesionales respectivos, por los trabajos profesionales realizados a partir del contrato de prestación de servicios entre la Dirección Facultativa y la Propiedad.

CAPITULO 3. CONDICIONES ECONÓMICO - ADMINISTRATIVAS.

CONDICIONES GENERALES.

Artículo I. Pagos al contratista.

El contratista deberá recibir el importe de todos los trabajos ejecutados, previa medición realizada conjuntamente por este y la Dirección Facultativa siempre que dichos trabajos ejecutados se hayan realizado de acuerdo con el Proyecto y las Condiciones Generales y Particulares que rijan la ejecución de la obra.

CRITERIOS DE MEDICIÓN.

Artículo I. Partidas contenidas en Proyecto.

Se seguirán los mismos criterios que figuran en las hojas de estado de mediciones.

Artículo II. Partidas no contenidas en el Proyecto.

Se efectuará su medición, salvo pacto en contrario, según figura en el Pliego General de Condiciones de la Edificación de la Dirección General de Arquitectura.

CRITERIOS DE VALORACIÓN.

Artículo I. Precios contratados.

Se ajustarán a los proporcionados por el Contratista en la oferta.

Artículo II. Precios contradictorios.

De acuerdo con el Pliego General de Condiciones de la Edificación de la Dirección General de Arquitectura, aquellos precios que no figuren entre los contratados, se fijarán contradictoriamente entre la Dirección Facultativa y el Contratista, presentándolos este de modo descompuesto y siendo necesaria su aprobación para la posterior ejecución en obra.

Artículo III. Partidas alzadas a justificar.

Su precio se fijará a partir de la medición correspondiente y precio contratado o con la justificación de mano de obra y materias utilizados.

Artículo IV. Partidas alzadas de abono integro.

Su precio está contenido en los documentos del Proyecto y no serán objeto de medición.

Artículo V. Revisión de Precios.

Habrà lugar a revisión de precios cuando así lo contemple el Contrato suscrito entre la Propiedad y el Contratista, dándose las circunstancias acordadas.

CAPITULO 4. CONDICIONES LEGALES.

NORMAS, REGLAMENTOS Y DEMÁS DISPOSICIONES VIGENTES.

Artículo I. Cumplimiento.

El contratista está obligado a cumplir la reglamentación vigente en el campo laboral, técnico y de seguridad y salud en el trabajo; concretamente en este último aspecto hay que reseñar:

- Real Decreto Ministerio de Relaciones con las Cortes y Secretaria Gob. (19/1/90) B.O.E 25/1/90. Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Resolución dirección general de trabajo (20/2/89) B.O.E. 3/3/89. Seguridad exposición amianto.
- Real Decreto 886/88 Ministerio Relaciones Cortes y Secretaría de Estado (15/7/88) B.O.E. 5/8/88. Seguridad: Prevención accidentes.
- Corrección errores Ministerio Relaciones Cortes y Secretaría Gobierno (26/5/90) B.O.E 26/5/90. Seguridad: Protección al ruido.
- Real Decreto Ministerio Relaciones Cortes y Secretaría Gobierno (27/10/89) B.O.E. 2/11/89. Seguridad: Protección al ruido.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 9 de marzo de 1971(en aquellos artículos no derogados)
- Convenio General del sector de la construcción 2007--2011.
- Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura.
- Resto de disposiciones técnicas ministeriales cuyo contenido o parte del mismo esté relacionado con la seguridad y salud.
- Ordenanzas Municipales que sean de aplicación.

CAPITULO 5. CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES.

CONDICIONES GENERALES.

Artículo I. Normativa.

Serán de aplicación obligatoria las prescripciones contenidas en las normas que se citan en los apartados correspondientes, relativas a las condiciones de ejecución en obra.

Artículo II. Ejecución de las obras.

La calidad en la ejecución de las obras será aceptada o rechazada por la Dirección Facultativa, de acuerdo con las normas de la buena práctica de la construcción, siempre teniendo presentes todas las condiciones establecidas para la correcta ejecución de cada una de las partes de las obras en las respectivas instrucciones establecidas a tal efecto.

CONDICIONES QUE DEBEN SATISFACER LOS MATERIALES.

Todos los materiales suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego.

El Contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

Por parte del Constructor o Contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las cualidades que se exigen para los distintos materiales.

El Contratista notificará con suficiente antelación a la Dirección Facultativa la procedencia de los materiales, aportando muestras y datos necesarios para determinar la posibilidad de su aceptación. Asimismo todos los materiales provendrán de fábricas acreditadas, teniendo preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión del Documento de Idoneidad Técnica que avale sus cualidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Los materiales deberán ser reconocidos por la Dirección Facultativa antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrán proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocarlos en obra, la Dirección Facultativa tiene la posibilidad de someter todos los materiales a pruebas y análisis que considere oportuno, para cerciorarse de sus buenas condiciones, verificándose estas pruebas bien sea a pie de obra o en laboratorios. Si el resultado de las pruebas no es satisfactorio se desechará la partida entera o el número de unidades que no reúnan las debidas condiciones, además deberán ser sustituidos, sea cual fuese la fase en que se encontrase la ejecución de obra, corriendo el Contratista con todos los gastos que ello ocasionase. Los costes procedentes de las pruebas o análisis corren por cuenta del Constructor sin que sea para ello necesario presupuestarlo de manera diferenciada y específica.

El hecho de que el Contratista subcontrate cualquier partida de obra no le exime de su responsabilidad.

La simple inspección o examen por parte de los Técnicos no supone la recepción absoluta de los mismos, siendo los oportunos ensayos los que determinen su idoneidad, no extinguiéndose la responsabilidad contractual del Contratista a estos efectos hasta la recepción definitiva de la obra.

Cualquier material que no se hubiese consignado o descrito en el presente Pliego y fuese necesario utilizar, reunirá las cualidades que requieran para su función a juicio de la Dirección Técnica de la Obra y de conformidad con el Pliego de Condiciones de la Edificación.

En el caso de los materias de aportación, las características mecánicas de los mismos serán en todos los casos superiores a las del material base. Además, las calidades ajustadas a la norma EN ISO 14555 se consideran aceptables.

Garantías de calidad (Marcado CE)

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- Que se ha cumplido el sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones indicado en los mandatos relativos a las normas armonizadas y en las especificaciones técnicas armonizadas.

Siendo el fabricante el responsable de su fijación y Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Es obligación del Director de la Ejecución de la Obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del marcado CE y, en caso de ser así, si cumplen las condiciones establecidas en el Real Decreto 1630/1992 por el que se traspone a nuestro ordenamiento legal la Directiva de Productos de Construcción 89/106/CEE.

El marcado CE se materializa mediante el símbolo "CE" acompañado de una información complementaria.

El fabricante debe cuidar de que el marcado CE figure, por orden de preferencia:

- En el producto propiamente dicho.
- En una etiqueta adherida al mismo.
- En su envase o embalaje.
- En la documentación comercial que le acompaña.

Las letras del símbolo CE deben tener una dimensión vertical no inferior a 5mm.

Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluye:

- El número de identificación del organismo notificado (cuando proceda).
- El nombre comercial o la marca distintiva del fabricante.
- La dirección del fabricante.
- El nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica.
- Las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el marcado en el producto.
- El número del certificado CE de conformidad (cuando proceda).
- El número de la norma armonizada y en caso de verse afectada por varias los números de todas ellas.

- La designación del producto, su uso previsto y su designación normalizada.
- Información adicional que permita identificar las características del producto atendiendo a sus especificaciones técnicas.

Las inscripciones complementarias del marcado CE no tienen por qué tener un formato, tipo de letra, color o composición especial, debiendo cumplir únicamente las características reseñadas anteriormente para el símbolo.

Dentro de las características del producto podemos encontrar que alguna de ellas presente la mención "Prestación no determinada" (PND). La opción PND es una clase que puede ser considerada si al menos un estado miembro no tiene requisitos legales para una determinada característica y el fabricante no desea facilitar el valor de esa característica.

Artículo I. Hormigones.

a) Materiales para hormigones y morteros.

Se define como hormigones los productos formados por mezcla de cemento, agua, árido fino, árido grueso y eventualmente productos de adición, que al fraguar y endurecer adquieren una notable resistencia. Se define como obras de hormigón en masa o armado, aquellas en las cuales se utiliza como material fundamental el hormigón, reforzado en su caso con armaduras de acero que colaboran con el hormigón para resistir los esfuerzos. Los materiales serán: cemento, agua, árido fino, árido grueso, productos de adición, armaduras y separadores.

Áridos.

Se entiende por "arena" o "árido fino", el árido fracción del mismo que pasa por un tamiz de 5 mm. de luz de malla (tamiz 5 UNE 77050); por "grava" o "árido grueso" el que resulta detenido por dicho tamiz; y por "árido total" (o simplemente "árido" cuando no hay lugar a confusiones), aquel que, de por sí o por mezcla, posee las proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario en el caso particular que se considere.

Las limitaciones en cuanto al tamaño cumplirán las condiciones señaladas en la instrucción EHE.

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón.

Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse arenas y gravas existentes en yacimientos naturales, machacados u otros productos cuyo empleo no se encuentre sancionado por la práctica o no resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en un laboratorio oficial. En cualquier caso se deberán cumplir las condiciones de la EHE.

Cuando no se tengan antecedentes sobre la utilización de los áridos disponibles, o se vayan a emplear para otras aplicaciones distintas de las ya sancionadas por la práctica, se realizarán ensayos de identificación mediante análisis mineralógicos, petrográficos, físicos o químicos, según convengan a cada caso.

En el caso de utilizar escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos. Esta comprobación se efectuará con arreglo al método de ensayo UNE 7.243.

Se prohíbe el empleo de áridos que contengan sulfuros oxidables.

Aguas.

En general podrán ser utilizadas, tanto para el amasado como para el curado de hormigón en obras, todas las aguas mencionadas como aceptables por la práctica.

Cuando no se posean antecedentes de su utilización o en caso de duda, deberán analizarse las aguas y, salvo justificación especial de que no alteren perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón, deberán rechazarse todas las aguas que:

- Tengan un pH inferior a 5, tal como indica la norma UNE 7234:71.
- Posean un total de sustancias disueltas superior a los 15 gramos por litro (15 gr./l), tal como indica la norma UNE 7130:58.
- Posean un contenido en sulfatos, expresado en SO₄, superior a un gramo por litro (1 gr./l), tal como indica la norma UNE 7131:58.
- Posean ión cloro en proporciones superiores a 6 gramos por litro (6 gr./l), tal como indica la norma UNE 7178:60.
- Posean un contenido en grasas o aceites, de cualquier clase, superior a 15 gramos por litro (15 gr./l), tal como indica la norma UNE 7235.
- Se aprecie la presencia de hidratos de carbono o azúcares, tal como indica la norma UNE 7132:58.

Las aguas que se empleen para la confección de hormigones en estructura cumplirán las condiciones que se exigen en la Instrucción EHE. El agua necesaria para la confección de morteros cumplirán la norma MV-201/1998.

Aditivos.

Se definen como aditivos a emplear en hormigones y morteros aquellos productos sólidos o líquidos, excepto cemento, áridos o agua que mezclados durante el amasado modifiquen o mejoren las características del mortero u hormigón, en especial en lo referentes al fraguado, endurecimiento, plasticidad e inclusión de aire.

Para la utilización de aditivos se establecerán los siguientes límites:

- Si se emplea cloruro cálcico como acelerador, su dosificación será igual o menos del dos por ciento (2%) en peso del cemento, y si se trata de hormigonar con temperaturas muy bajas, del tres y medio por ciento (3,5%) del peso del cemento.
- Si se usan aireantes para hormigones normales su proporción será tal que la disminución de resistencia a compresión producida por la inclusión del aireantes sea inferior al veinte por ciento (20%). En ningún caso la proporción de aireantes será mayor del cuatro por ciento (4%) del peso en cemento.
- En caso de empleo de colorantes, la proporción será inferior al diez por ciento del peso del cemento. Estando totalmente prohibido el empleo de colorantes orgánicos.

Aquellos aditivos que se empleen para la confección de hormigones deberán cumplir las condiciones que se exigen en la Instrucción EHE.

Cemento.

Se entiende como tal, un aglomerante, hidráulico que responda a alguna de las definiciones del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de cementos. R.C. 03. B.O.E. 16.01.04.

Podrá almacenarse en sacos o a granel. En el primer caso, el almacén protegerá contra la intemperie y la humedad, tanto del suelo como de las paredes. Si se almacenará a granel, no podrán mezclarse en el mismo sitio cementos de distintas calidades y procedencias.

Se exigirá al contratista la realización de ensayos que demuestren de modo satisfactorio que los cementos cumplen las condiciones exigidas. Las partidas de cemento defectuoso serán retiradas de la obra en el plazo máximo de 8 días.

En los documentos de origen figurarán el tipo, clase y categoría a que pertenece el conglomerante. Conviene que en dichos documentos se incluyan, asimismo, los resultados de los ensayos que previene el citado Pliego General de Condiciones para la Recepción de Conglomerantes Hidráulicos, obtenidos en un Laboratorio Oficial.

b) Hormigón estructural.

Condiciones de suministro.

- El hormigón se debe transportar utilizando procedimientos adecuados para conseguir que las masas lleguen al lugar de entrega en las condiciones estipuladas, sin experimentar variaciones sensibles en las características que poseían recién amasadas.
- Cuando el hormigón se amasa completamente en central y se transporta en amasadoras móviles, el volumen de hormigón transportada no deberá exceder el 80% del volumen total del tambor. Cuando el hormigón se amasa, o se termina de amasar, en amasadora móvil, el volumen no excederán de los dos tercios del volumen total del tambor.
- Los equipos de transporte deberán estar exentos de residuos de hormigón o mortero endurecido, para lo cual se limpiarán cuidadosamente antes de proceder a la carga de una nueva masa fresca de hormigón. Asimismo, no deberán presentar desperfectos o desgastes en las paletas o en su superficie interior que puedan afectar a la homogeneidad del hormigón.
- El transporte podrá realizarse en amasadoras móviles, a la velocidad de agitación, o en equipos con o sin agitadores, siempre que tales equipos tengan superficies lisas y redondeadas y sean capaces de mantener la homogeneidad del hormigón durante el transporte y la descarga.

Recepción y control.

- Documentación de los suministros:

Los suministradores entregarán al Constructor, quién los facilitará a la Dirección Facultativa, cualquier documento de identificación del producto exigido por la reglamentación aplicables o, en su caso, por el proyecto o por la Dirección Facultativa.

A. Antes del suministro:

- Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente.
- Se entregarán los certificados de ensayo que garanticen el cumplimiento de lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

B. Durante el suministro:

Cada carga de hormigón fabricado en central, tanto si ésta pertenece o no a las instalaciones de obra irá acompañado de una hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección de Obra, y en la que deberán figurar, como mínimo, los siguientes datos:

- Nombre de la central de fabricación de hormigón.
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Fecha de entrega.
- Nombre del peticionario y del responsable de la recepción.
- Especificación del hormigón:
 - ♦ En el caso de que el hormigón se designe por propiedades:
 - Designación.
 - Contenido de cemento en kilos por metro cúbico de hormigón, con una tolerancia de $\pm 15 \text{ kg}$.
 - Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia de $\pm 0,02$.
 - ♦ En el caso de que el hormigón se designe por dosificación:
 - Contenido de cemento en kilos por metro cúbico de hormigón.
 - Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia de $\pm 0,02$.
 - Tipo de ambiente.

- ♦ Tipo, clase y marca del cemento.
- ♦ Consistencia.
- ♦ Tamaño máximo de árido.
- ♦ Tipo de aditivo, si lo hubiere, y en caso contrario indicación expresa de que no contiene.
- ♦ Procedencia y cantidad de adición (cenizas volantes o humo de sílice) si la hubiere y, en caso contrario, indicación expresa de que no contiene.
- Designación específica del lugar del suministro (nombre y lugar).
- Cantidad de hormigón que compone la carga, expresada en metros cúbicos de hormigón fresco.
- Identificación del camión hormigonera (o equipo de transporte) y de la persona que proceda a la descarga.
- Hora límite de uso para el hormigón.

C. Después del suministro:

- El certificado de garantía del producto suministrado, firmado por persona física con poder de representación suficiente.

- Ensayos.

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción de Hormigón Estructura (EHE-08).

Conservación, almacenamiento y manipulación.

En el vertido y colocación de las masas, incluso cuando estas operaciones se realicen de un modo continuo mediante conducciones apropiadas, se adoptarán las debidas precauciones para evitar la disgregación de la mezcla.

Recomendaciones para su uso en obra.

El tiempo transcurrido entre la adición de agua de amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no debe ser mayor de hora y media. En tiempo caluroso, o bajo condiciones que contribuyan a un rápido fraguado del hormigón, el tiempo límite deberá ser inferior, a menos que se adopten medidas especiales que, sin perjudicar la calidad del hormigón, aumenten el tiempo de fraguado.

- Hormigón en tiempo frío.
 - La temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5°C.
 - Se prohíbe verte el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc.) cuya temperatura sea inferior a 0°C.
 - En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes, puede descender la temperatura ambiente por debajo de 0°C.
 - En los casos en que, por absoluta necesidad, se hormigone en tiempo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón, no se producirán deterioros locales en los elementos correspondientes, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material.
- Hormigón en tiempo caluroso.
 - Si la temperatura ambiente es superior a 40°C o hay un viento excesivo, se suspenderá el hormigonado, salvo que, previa autorización expresa de la Dirección de Obra, se adopten las medidas especiales.

Artículo II. Acero.

a) Aceros corrugados.

Estos aceros vendrán marcados de fábrica con señales indelebles para evitar confusiones en su empleo. No presentarán ovalaciones, grietas, sopladuras, ni mermas de sección superiores al cinco por ciento (5%).

El módulo de elasticidad será igual o mayor a dos millones cien mil kilogramos por centímetro cuadrado ($2.100.000 \text{ kg/cm}^2$). Entendiendo por límite elástico la mínima tensión capaz de producir una deformación permanente de dos décimas por ciento (0,2%). Se prevé el acero de límite elástico 4.200 kg/cm^2 , cuya carga de rotura no será inferior a cinco mil doscientos cincuenta (5.250 kg/cm^2). Esta tensión de rotura es el valor de la ordenada máxima del diagrama tensión - deformación.

Aquellos que sean empleados en elementos estructurales de hormigón armado deberán cumplir las condiciones que se exigen en la Instrucción EHE.

Condiciones de suministro.

Los aceros se deben transportar protegidos adecuadamente contra la lluvia y la agresividad de la atmósfera ambiental.

Recepción y control.

- Documentación de los suministros:

Los suministradores entregarán al Constructor, quién los facilitará a la Dirección Facultativa, cualquier documento de identificación del producto exigido por la reglamentación aplicables o, en su caso, por el proyecto o por la Dirección Facultativa.

A. Antes del suministro:

- Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente.
- Hasta la entrada en vigor del marcado CE, se adjuntarán los certificados de ensayo que garanticen el cumplimiento de las siguientes características:
 - ♦ Características mecánicas mínimas garantizadas por el fabricante.
 - ♦ Ausencia de grietas después del ensayo de doblado-desdoblado.
 - ♦ Aptitud al doblado simple.
 - ♦ Los aceros soldables con características especiales de ductilidad deberán cumplir los requisitos de los ensayos de fatiga y deformación alternativa.
 - ♦ Características de adherencia. Cuando el fabricante garantice las características de adherencia mediante en ensayo de la viga, presentará un certificado de homologación de adherencia, en el que constará, al menos:
 - Marca comercial del acero.
 - Forma de suministro: barra o rollo.
 - Límites admisibles de variación de las características geométricas de los resaltos.
 - ♦ Composición química.

- En la documentación, además, constará:
 - ♦ El nombre del laboratorio. En el caso de que no se trata de un laboratorio público, declaración de estar acreditado para el ensayo referido.
 - ♦ Fecha de emisión del certificado.

B. Durante el suministro:

- Las hojas de suministro de cada partida o remesa.
- Hasta la entrada en vigor del marcado CE, se adjuntará una declaración del sistema de identificación del acero que haya empleado el fabricante.
- La clase técnica se especificará mediante un código de identificación del tipo de acero mediante engrosamientos u omisiones de corrugas o grafilas. Además, las barras corrugadas deberán llevar grabadas las marcas de identificación que incluyen información sobre el país de origen y el fabricante.
- En caso de que el producto de acero corrugado sea suministrado en rollo o proceda de operaciones de enderezado previas a su suministro, deberá indicarse explícitamente en las correspondientes hojas de suministro.
- En el caso de barras corrugadas en las que, dadas las características del acero, se precise de procedimientos especiales para el proceso de soldadura, el fabricante deberá indicarlos.

C. Después del suministro:

- El certificado de garantía del producto suministrado, firmado por persona física con poder de representación suficiente.
- Distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica:
 - En su caso, los suministrados entregarán al Constructor, quién la facilitará a la Dirección Facultativa, una copia compulsada por persona física de los certificados que avalen que los productos que se suministrarán están en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, donde al menos constará la siguiente información:
 - ♦ Identificación de la entidad certificadora.
 - ♦ Logotipo del distintivo de calidad.
 - ♦ Identificación del fabricante.
 - ♦ Alcance del certificado.

- ♦ Garantía que queda cubierta por el distintivo (nivel de certificación).
 - ♦ Número de certificado.
 - ♦ Fecha de expedición del certificado.
- Antes del inicio del suministro, la Dirección Facultativa valorará, en función del nivel de garantía del distintivo y de acuerdo con lo indicado en el proyecto y lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), si la documentación aportada es suficiente para la aceptación del producto suministrado o, en su caso, qué comprobaciones deben efectuarse.
- Ensayos.
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción de Hormigón Estructura (EHE-08).
 - En el caso de efectuarse ensayos, los laboratorios de control facilitarán sus resultados acompañados de la incertidumbre de medida para un determinado nivel de confianza, así como la información relativa a las fechas, tanto de la entrada de la muestra en el laboratorio como de la realización de los ensayos.
 - Las entidades y los laboratorios de control de calidad entregarán los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, a la Dirección Facultativa.

Conservación, Almacenamiento y Manipulación.

- Durante el almacenamiento las armaduras se protegerán adecuadamente contra la lluvia y de la agresividad de la atmósfera ambiental. Hasta el momento de su empleo, se conservarán en obra, cuidadosamente clasificadas según sus tipos, calidades, diámetros y procedencias, para garantizar la necesaria trazabilidad.
- Antes de su utilización y especialmente después de un largo periodo de almacenamiento en obra, se examinará el estado de su superficie, con el fin de asegurarse de que no presentan alteraciones perjudiciales. Una ligera capa de óxido en la superficie de las barras no se considera perjudicial para su utilización. Sin embargo, no se admitirán pérdidas de peso por oxidación superficial, comprobadas después de una limpieza con cepillo de alambres hasta quitar el óxido adherido, que sean superiores al 1% respecto al peso inicial de la muestra.
- En el momento de su utilización, las armaduras pasivas deben estar exentas de sustancias extrañas en su superficie tales como grasa, aceite, pintura, polvo, tierra o cualquier otro material perjudicial para su buena conservación o su adherencia.

- La elaboración de armaduras mediante procesos de ferralla requieren disponer de unas instalaciones que permitan desarrollar, al menos, las siguientes actividades:
 - Almacenamiento de los productos de acero empleados.
 - Proceso de enderezado, en el caso de emplearse acero corrugado suministrado en rollo.
 - Procesos de corte, doblado, soldadura y armado, según el caso.

Recomendaciones para su uso en obra.

- Para prevenir la corrosión, se deberá tener en cuenta todas las consideraciones relativas a los espesores de recubrimiento.
- Con respecto a los materiales empleados, se prohíbe poner en contacto las armaduras con otros metales de muy diferente potencia galvánico.
- Se prohíbe emplear materiales componentes (agua, áridos, aditivos y/o adiciones) que contengan iones despasivantes, como cloruros, sulfuros y sulfatos, en proporciones superiores a las establecidas.

b) Acero en perfiles laminados.

El acero empleado en los perfiles de acero laminado será de los tipos establecidos en la norma UNE UN 10025 (Productos laminados en caliente de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general), también se podrán utilizar los aceros establecidos por las normas UNE EN 10210-1:1994 relativa a perfiles huecos para la construcción, acabados en caliente, de acero no aleado de grano fino, y en UNE EN 10219-1:1998, relativa a secciones huecas de acero estructural conformadas en frío.

En cualquier caso se tendrán en cuenta las especificaciones del artículo 4.2 del DB SE-A Seguridad Estructural Acero del Código Técnico de la Edificación.

Los perfiles vendrán con su correspondiente identificación de fábrica, con señales indelebles para evitar confusiones. No presentarán grietas, ovalaciones, sopladuras, ni mermas de sección superiores al cinco por ciento (5%).

Condiciones de suministro.

Los aceros se deben transportar de manera segura, de forma que no se produzcan deformaciones permanentes y los daños superficiales sean mínimos. Los componentes deben estar protegidos contra posibles daños en los puntos de eslingado (por donde se sujetan para izarlos).

Los componentes prefabricados que se almacenan antes del transporte o del montaje deben estar apilados por encima del terreno y sin contacto directo con éste. Debe evitarse cualquier acumulación de agua. Los componentes deben mantenerse limpios y colocados de forma que se eviten las deformaciones permanentes.

Recepción y control.

- Documentos de los suministros:
 - Para los productos planos:
 - ♦ Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos planos de los tipos S235, S275, S355 de grado JR queda a la elección del fabricante.
 - ♦ Si en el pedido se solicita inspección y ensayo, se deberán indicar:
 - Tipo de inspección y ensayos (específicos o no específicos).
 - El tipo de documento de la inspección.
 - Para los productos largos:
 - ♦ Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos largos de los tipos S235, S275, S355 de grado JR queda a la elección del fabricante.
- Ensayos:
 - La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la norma vigente.

Conservación, Almacenamiento y Manipulación.

- Si los materiales han estado almacenados durante un largo periodo de tiempo, o de una manera tal que pudieran haber sufrido un deterioro importante, deberán ser comprobados antes de ser utilizados, para asegurarse de que siguen cumpliendo con la norma de producto correspondiente. Los productos de acero resistentes a la corrosión atmosférica pueden requerir un chorreo ligero antes de su empleo para proporcionarles una base uniforme para la exposición a la intemperie.
- El material deberá almacenarse en condiciones que cumplan las instrucciones de su fabricante, cuando se disponga de éstas.

Recomendaciones para su uso en obra.

- El material no deberá emplearse si se ha superado la vida útil en almacén especificada por su fabricante.

Artículo III. Materiales auxiliares de hormigón.

Productos para curado de hormigones.

Se definen como productos para curado de hormigones hidráulicos los que, aplicados en forma de pintura pulverizada, depositan una película impermeable sobre la superficie del hormigón para impedir la pérdida de agua por evaporación.

El color de la capa protectora resultante será claro, preferiblemente blanco, para evitar la absorción del calor solar. Esta capa deberá ser capaz de permanecer intacta durante siete días al menos después de una aplicación.

Desencofrantes.

Se definen como tales a los productos que, aplicados en forma de pintura a los encofrados, disminuyen la adherencia entre éstos y el hormigón, facilitando la labor de desmoldeo. El empleo de estos productos deberá ser expresamente autorizado son cuyo requisito no se podrán utilizar.

Artículo IV. Encofrados y cimbras.

Encofrados en muros.

Podrán ser de madera o metálicos pero tendrán la suficiente rigidez, latiguillos y puntales para que la deformación máxima debida al empuje del hormigón fresco sea inferior a un centímetro respecto a la superficie teórica de acabado. Para medir estas deformaciones se aplicará sobre la superficie desencofrada una regla metálica de 2 metros de longitud, recta si se trata de una superficie plana, o curva si ésta es reglada.

Los encofrados para hormigón visto necesariamente habrán de ser de madera.

Encofrados de pilares, vigas y arcos.

Podrán ser de madera o metálicos pero cumplirán las condiciones de que la deformación máxima de una arista encofrada respecto a la teórica, sea menos o igual de un centímetro de la longitud teórica. Igualmente deberá tener el confrontado lo suficiente rígido para soportar los efectos dinámicos del vibrado del hormigón de forma que el máximo movimiento local producido por esta causa sea de cinco milímetros.

Artículo V. Aglomerantes excluidos cemento.

Cal hidráulica.

Cumplirá las siguientes condiciones:

- Peso específico comprendido entre dos enteros y cinco décimas y dos enteros y ocho décimas.
- Densidad aparente superior a ocho décimas.
- Pérdida de peso por calcinación al rojo blanco menor del doce por ciento.
- Fraguado entre nueve y treinta horas.
- Residuo de tamiz cuatro mil novecientas mallas menor del seis por ciento.
- Resistencia a la tracción de pasta pura a los siete días superior a ocho kilogramos por centímetro cuadrado. Curado de la probeta un día al aire y el resto en agua.
- Resistencia a la tracción del mortero normal a los siete días superior a cuatro kilogramos por centímetro cuadrado. Curado por la probeta un día al aire y el resto en agua.
- Resistencia a la tracción de pasta pura a los veintiocho días superior a ocho kilogramos por centímetro cuadrado y también superior en dos kilogramos por centímetro cuadrado a la alcanzada al séptimo día.

Yeso negro.

Deberá cumplir las siguientes condiciones:

- El contenido en sulfato cálcico semihidratado será como mínimo del cincuenta por ciento en peso.
- El fraguado no comenzará antes de los dos minutos y no terminará después de los treinta minutos.
- En tamiz 0.2 UNE 70550 no será mayor del veinte por ciento.
- En tamiz 0.8 UNE 7050 no será mayor del cincuenta por ciento.
- Las probetas prismáticas 4 – 4 – 16 *cm* de pasta normal ensayadas a flexión con una separación entre apoyos de 10,67 *cm* resistirán una carga central de ciento veinte kilogramos como mínimo.
- La resistencia a compresión determinada sobre medias probetas procedentes del ensayo a flexión, será como mínimo setenta y cinco kilogramos por centímetro cuadrado. La toma de muestras se efectuará como mínimo en un tres por ciento de los casos mezclando el yeso procedente de los diversos hasta obtener por cuarteo una muestra de 10 kilogramos como mínimo una muestra. Los ensayos se efectuarán según las normas UNE 7064 y 7065.

Artículo VI. Materiales de cubiertas.

Tejas.

Las tejas de cemento se emplearán en la obra, se obtendrán a partir de superficies cónicas o cilíndricas que permitan un solape de 70 a 150 *mm* o bien estarán dotadas de una parte plana con resaltes o dientes de apoyo para facilitar el encaje de las piezas. Deberán tener la aprobación del Ministerio de Industria, la autorización de uso del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, un Documento de Idoneidad Técnica de I.E.T.C.C. o una certificación de conformidad incluida en el Registro General del Código Técnico de la Edificación del Ministerio de la Vivienda, cumpliendo todas sus condiciones.

Impermeabilidad.

Las láminas impermeabilizantes podrán ser bituminosas, plásticas o de caucho. Las láminas y las imprimaciones deberán llevar una etiqueta identificativa indicando la clase de producto, el fabricante, las dimensiones y el peso por metro cuadrado. Dispondrán de Sello INCE-ENOR y de homologación MICT, o de un sello o certificación de conformidad incluida en el registro dl Código Técnico de la Edificación del Ministerio de la Vivienda.

Podrán ser bituminosos ajustándose a uno de los sistemas aceptados por el DB correspondiente del Código Técnico de la Edificación, cuyas condiciones cumplirá, o, no bituminosos o bituminosos modificados teniendo concedido Documento de Idoneidad Técnica de I.E.T.C.C. cumpliendo todas sus condiciones.

Artículo VII. Plomo y Cinc.

Salvo indicación de lo contrario la ley mínima del plomo será de noventa y nueve por ciento.

Será de la mejor calidad, de primera fusión, dulce, flexible, laminado teniendo las planchas espesor uniforme, fractura brillante y cristalina, desechándose las que tengan picaduras o presentes hojas, aberturas o abolladuras.

El plomo que se emplee en tuberías será compacto, maleable, dúctil y exento de sustancias extrañas, y, en general, de todo defecto que permita la filtración y escape del líquido. Los diámetros y espesores de los tubos serán los indicados en el estado de mediciones o en su defecto, los que indique la Dirección Facultativa.

Artículo VIII. Materias para fábricas y forjados.

Fábrica de ladrillo y bloque.

Las piezas utilizadas en la construcción de fábricas de ladrillo o bloque se ajustarán a lo estipulado en el artículo 4 del DB SE-F Seguridad Estructural Fábrica, del Código Técnico de la Edificación.

La resistencia normalizada a compresión mínima de las piezas será de 5 N/mm^2 .

Los ladrillos serán de primera calidad según queda definido en la Norma NBE-RL/88. Las dimensiones de los ladrillos se medirán de acuerdo con la Norma UNE 7267. La resistencia a compresión de los ladrillos será como mínimo:

L. macizos = 100 kg/cm^2

L. perforados = 100 kg/cm^2

L. huecos = 50 kg/cm^2

Viguetas prefabricadas.

Las viguetas serán armadas o pretensadas según la memoria de cálculo y deberán poseer la autorización de uso del M.O.P.. No obstante el fabricante deberá garantizar su fabricación y resultados por escrito, en caso de que se requiera.

El fabricante deberá facilitar instrucciones adicionales para su utilización y montaje en caso de ser éstas necesarias siendo responsable de los daños que pudieran ocurrir por carencia de las instrucciones necesarias.

Tanto el forjado con su ejecución se adaptará a la EFHE (RD 642/2002).

Bovedillas.

Las características se deberán exigir directamente al fabricante a fin de ser aprobadas.

CONDICIONES QUE DEBEN SATISFACER LA EJECUCIÓN.

El proceso constructivo de las distintas unidades que conforman el proyecto se ajustará a las especificaciones de la Normativa vigente.

Por parte del Contratista deberá ponerse especial atención en la vigilancia y el control de la correcta ejecución de las distintas unidades del Proyecto, con el fin de obtener la calidad especificada en las distintas Normas vigentes.

Artículo I. Replanteo de las obras.

Los replanteos, trazados, nivelaciones y demás obras previas, se efectuarán por el Contratista de acuerdo con los datos del proyecto, planos, medidas, datos u órdenes que se faciliten, realizando el mismo, con el máximo cuidado, de forma que no se admitirán errores mayores de 1/500 de las dimensiones genéricas, así como de los márgenes de error indicados en las condiciones generales de ejecución del resto de las unidades de obra. La Dirección Facultativa controlará todos estos trabajos a través del Ingeniero Director o persona indicada al efecto, si bien, en cualquiera caso, la Contrata será totalmente responsable de la exacta ejecución del replanteo, nivelación, etc.

La Contrata proporcionará personal y medios auxiliares necesarios para estos operarios, siendo responsable por las modificaciones o errores que resulten por la desaparición de estacas, señales o elementos esenciales establecidos.

Artículo II. Movimiento de tierras. Desbroce.

El desbroce consiste en extraer y retirar de las zonas designadas todos los árboles, tocones, plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basura o cualquier otro material indeseable a juicio de la Dirección Facultativa.

Las operaciones de desbroce se efectuarán con las precauciones necesarias que figuran en el Plan de Seguridad y Salud y de acuerdo con lo que sobre el particular ordene la Dirección Facultativa, de cara a evitar daños en las construcciones y/o instalaciones próximas.

Todos los troncos y raíces serán eliminados en su totalidad. Todos los productos, no susceptibles de aprovechamiento serán retirados, en la forma y lugares que señale la Dirección Facultativa.

La operación de desbroce se medirá en metros cuadrados sobre el terreno. El precio comprende el coste de todas las operaciones necesarias, incluso el transporte a vertedero.

Artículo III. Movimiento de tierras. Explanación y préstamos.

Consiste en el conjunto de operaciones para excavar, rellenar y nivelar el terreno, así como las zonas de préstamos que puedan necesitarse y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

Una vez terminadas las obras de desbroce del terreno, se iniciarán las obras de excavaciones ajustándose a las alineaciones, rasantes, pendientes, dimensiones y demás información contenida en los planos. El orden y la forma de ejecución y los medios a emplear se ajustarán a lo establecido en el Proyecto.

La excavación de la explanación se abonará en metros cúbicos. El precio comprende el coste de todas las operaciones necesarias, incluso el transporte a vertedero o a depósitos de los productos sobrantes.

Artículo IV. Movimiento de tierras. Excavación en zanjas y pozos.

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para conseguir emplazamiento adecuado a las obras de fábrica y estructuras, y sus cimentaciones; comprenden zanjas de drenaje u otras análogas. Su ejecución incluye las operaciones de excavación, nivelación y evacuación del terreno y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

El contratista de las obras notificará con la antelación suficiente, el comiendo de cualquier excavación, a fin de que se puedan efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado. La excavación continuará hasta llegar a la profundidad en que aparezca el firme y obtenerse una superficie limpia y firme, a nivel o escalonada, según se ordene. No obstante, la Dirección Facultativa podrá modificar la profundidad, si la vista de las condiciones del terreno lo estimara necesario a fin de conseguir una cimentación satisfactoria.

Se adoptarán por la Contrata todas las medidas necesarias para evitar la entrada del agua, manteniendo libre de la misma la zona de excavación, colocándose ataguías, drenajes, protecciones, cunetas, canaletas y conductos de desagüe que sean necesarios. Las aguas superficiales deberán ser desviadas por la Contrata y canalizadas antes de que alcancen los taludes, las pareces y el fondo de la excavación de la zanja. El fondo de la zanja deberá quedar libre de tierra, fragmentos de roca o cualquier elemento extraño que pudiera debilitar su resistencia.

La excavación en zanjas o pozos se abonará en metros cúbicos. El precio comprende el coste de todas las operaciones necesarias, incluso el transporte a vertedero o a depósitos de los productos sobrantes.

Artículo V. Movimiento de tierras. Relleno y apisonado de zanjas o pozos.

Consiste en la extensión o compactación de materiales terrosos, procedentes de excavaciones anteriores o préstamos para relleno de zanjas y pozos.

Los materiales de relleno se extenderán en tongadas sucesivas de espesor uniforme y sensiblemente horizontales. El espesor de estas tongadas será el adecuado a los medios disponibles para que se obtenga en todo el mismo grado de compactación exigido. La superficie de las tongadas será horizontal o convexa con pendiente transversal máxima del dos por ciento. Una vez extendida la tongada, se procederá a la humectación si es necesario. El contenido óptimo de humedad se determinará en obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan de los ensayos realizados. Conseguida la humectación más conveniente, posteriormente se procederá a la compactación mecánica de la tongada.

Antes de hormigonar se dejarán previstos los pasos de tuberías correspondientes, se colocarán las armaduras según los planos de estructura tanto de las zapatas como de los arranques de muros y pilares, y de los diámetros y calidad indicados en mediciones y estructuras.

Las distintas zonas de los rellenos se abonarán por metros cúbicos. El precio comprende el coste de todas las operaciones necesarias para la realización de la unidad, así como el aporte de los materiales acordes con las especificaciones, medios auxiliares, etc. para cumplir las exigencias marcadas en el proyecto.

Artículo VI. Red de Saneamiento.

Las obras de alcantarillado, atarjeas, pozos, registros, etc., se harán asimismo con los materiales marcados en medición y con las dimensiones y pendientes fijadas para cada caso, previos los replanteos que corresponden. El ancho de la zanja para alojar los tubos de saneamiento será el necesario para poder ejecutar los trabajos de ejecución sin entorpecimientos. Todos los materiales se protegerán perfectamente durante el transporte, uso y colocación de los mismos.

Arquetas, pozos de registro y sumideros se medirán y abonarán por unidades, y las tuberías se abonarán por metro instalado. El precio comprende los materiales, mano de obra, medios auxiliares, excavación de tierras, rellenos, etc., necesarios para dejar completamente terminada la unidad tal y como se encuentra definida en los documentos del proyecto.

Artículo VII. Estructura.

La estructura tanto de hormigón como metálica cumplirá con todas las normas en vigor, en cuanto a valoración de cargas, esfuerzos, coeficientes de seguridad, colocación de elementos estructurales y ensayos y control de la misma según se especifica en el Proyecto. Cumplirán las condiciones que se exigen en las Instrucciones EHE, EP-93 y Normas NBE-EA-95, NBE-AE-88 y NBE-FL-90, así como las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE), Instrucción para la recepción de cementos RC-97 y Norma sismo-resistente NCSE-94.

No obstante, se incluyen una serie de condiciones de ejecución que habrán de verificarse en la elaboración, colocación y construcción definitiva de la misma.

Se replanteará perfectamente toda la estructura de acuerdo a los planos, tanto en planta como en altura y tamaños, antes de proceder a la colocación de encofrados, apeos y demás útiles de ayuda.

Tanto la armadura del hormigón como los perfiles laminados serán del diámetro, clase y tamaño especificado en los planos de estructura. Se comprobarán todos los armados de la estructura, despiece y colocación no procediéndose a su hormigonado hasta que no se haya verificado por la Dirección Facultativa.

Los forjados se medirán y abonarán por metros cuadrados ejecutados, el precio comprende además los medios auxiliares, mano de obra y materiales, así como las cimbras, encofrados, etc., necesarios.

Los aceros laminados y obras metálicas se medirán y abonarán por su peso en kilogramos. El peso se deducirá de los pesos unitarios que dan los catálogos de perfiles y de las dimensiones correspondientes medidas en los planos de Proyecto. No será de abono el exceso de obra que por su conveniencia, errores u otras causas, ejecuta el Constructor. El precio comprende además los medios auxiliares, mano de obra y materiales necesarios.

Artículo VIII. Aislamiento.

Son sistemas constructivos y materiales que, debido a sus cualidades, se utilizan en las obras para conseguir aislamiento térmico, corrección acústica, absorción de radiaciones o amortiguación de vibraciones en cubiertas, terrazas, techos, forjados, muros, cerramientos verticales, cámaras de aire, falsos techos o conducciones, e incluso sustituyendo cámaras de aire y tabiquería interior.

Los materiales empleados bien como aislantes o bien como elementos auxiliares, naturales o elaborados, abarcan una gama muy amplia.

Previamente a la ejecución deberá colocarse el soporte o base que sostendrá al aislante. La superficie del soporte deberá encontrarse limpia, seca y libre de polvo, grasas u óxidos. Los salientes y cuerpos extraños del soporte deben eliminarse, y los huecos importantes deben ser rellenados con un material adecuado. En el aislamiento de forjados bajo el pavimento, se deberá construir todos los tabiques previamente a la colocación del aislamiento.

Se seguirán las instrucciones del fabricante en lo que se refiere a la colocación o proyección del material. Las placas deberán colocarse solapadas, a tope o a rompejuntas, según el material. Cuando haya interrupciones en el trabajo deberán prepararse las superficies adecuadamente para su reanudación. Durante la proyección se procurará un acabado con textura uniforme, que no requiera el retoque a meno. El aislamiento quedará bien adherido al soporte, manteniendo un aspecto uniforme y sin defectos. También se ha de proteger de la lluvia durante y después de la colocación, evitando una exposición prolongada a la luz solar. El aislamiento irá protegido con los materiales adecuados para que no se deteriore con el paso del tiempo. El recubrimiento o protección del aislamiento se realizará de forma que éste quede firme y lo haga duradero.

En general, se medirá y abonarán en metro cuadrado de superficie ejecutada, estando incluidos los elementos auxiliares y remates necesarios para el correcto acabado, como adhesivos de fijación, cortes, uniones y colocación.

Se deben realizar controles periódicos de conservación y mantenimiento cada 5 años, o antes si se descubriera alguna anomalía, comprobando el estado del aislamiento y, particularmente, si se apreciaran discontinuidades, desprendimientos o daños.

Artículo IX. Cubiertas planas.

Son cubiertas planas con pendientes comprendidas entre el 1 y 15%, visitables exclusivamente para mantenimiento. Los materiales para su ejecución serán: hormigón, membranas impermeabilizantes sintéticas (PVC, ...) u orgánicas (caucho, oxiasfalto, ...) no protegidas y auto protegidas, planchas de poliestireno extrusionado, geotextiles y canto rodado lavado.

Los materiales empleados en la composición de estas cubiertas, naturales o elaborados, abarcan una gama muy amplia debido a las diversas variantes que pueden adoptarse tanto para la formación de pendientes, como para la ejecución de la membrana impermeabilizante, la aplicación de aislamiento, los solados o acabados superficiales, los elementos singulares, etc.

Si el forjado o soporte resistente no tuviese pendiente, se dispondrá un recrecido con mortero de cemento y arena o mortero con árido aligerado, ejecutando los faldones hasta alcanzar las cotas y pendientes definidas en proyecto. Los ángulos serán romos o achaflanados. Sobre esta superficie, una vez seca y limpia se colocará el aislamiento térmico. Posteriormente, las membranas impermeabilizantes se colocarán sobre el aislamiento, a total independencia de éste. Sobre la membrana rematada se colocarán planchas de poliestireno extrusionado machihembrado y sobre éstas una lámina de geotextil, con el fin de proteger ante el punzonamiento y perforación, sobre éste se extenderá una capa de protección de grava.

El control de ejecución se llevará a cabo mediante inspecciones periódicas en las que se comprobarán espesores de capas, disposiciones constructivas, colocación de juntas, dimensiones de los solapes, humedad del soporte, humedad del aislamiento, etc. Acabada la cubierta, se efectuará una prueba de servicio consistente en la inundación de los paños hasta un nivel de 5 cm. por debajo del borde de la impermeabilización en su entrega a parámetros. La presencia del agua no deberá constituir una sobrecarga superior a la de servicio de la cubierta. Se mantendrá inundada durante 24 horas, transcurridas las cuales no deberán aparecer humedades en la cara interior del forjada.

La cubierta se medirá y abonará en metros cuadrados, medida en su proyección horizontal. El precio comprende el coste de todas las operaciones necesarias, incluso el transporte a vertedero o a depósitos de los productos sobrantes.

Las operaciones a efectuar sobre las azoteas serán ejecutadas por personal especializado con materiales y solución constructiva análogos a los de la construcción original.

Artículo X. Albañilería.

Se trazará la planta de las fábricas a realizar, sobre las superficies totalmente limpias y exentas de materiales, con el debido cuidado para que sus dimensiones estén dentro de las tolerancias admitidas. Para el alzado de muros se colocará en cada esquina de la planta una mira perfectamente recta.

Los ladrillos se colocan según los aparejos previstos en el Proyecto. Antes de colocarlos se humedecerán en agua. El humedecimiento deberá ser hecho inmediatamente antes de su empleo. Se utilizará un mortero de cemento a no ser que se indique lo contrario. Todas las hiladas deben quedar perfectamente horizontales y con la cara perfectamente plana, vertical y a plano con los demás elementos que deba coincidir. Para ello se hará uso de las miras necesarias. Las hiladas se ejecutarán de tal manera que las juntas verticales no se correspondan en dos hiladas sucesivas, para ello la segunda hilada se empezará con un ladrillo partido por la mitad. Entre la hilada superior del tabique y el forjado o elemento horizontal de techo se dejará una holgura de 2 cm. que se retocará posteriormente con paste de yeso o mortero de cemento. La unión entre tabiques se ejecutará con enjarje, pasando alternativamente las hiladas de uno a otro elemento. La medición se abonará por metro cuadrado.

Para la construcción de tabiques se emplearán tabicones huecos colocándolos de canto, con sus lados mayores formando los paramentos del tabique. Se mojarán inmediatamente antes de su uso. Se tomarán con mortero de cemento. Cuando en el tabique haya huecos, se colocarán previamente los cercos que quedarán perfectamente aplomados y nivelados. Su medición se hará por metro cuadrado de tabique realmente ejecutado.

Para ejecutar los guarnecidos se construirán unas muestras de yeso previamente que servirán de guía al resto del revestimiento. Para ello se colocarán renglones de madera bien rectos, espaciados a un metro aproximadamente sujetándolos con dos puntos de yeso en ambos extremos. Una vez fijos los renglones se regará el paramento y se echará yeso entre cada región y el paramento, procurando que quede bien relleno el hueco. Para ello, seguirán lanzando pelladas de yeso al paramento pasando una regla bien recta sobre las maestras quedando enrasado el guarnecido con las maestras. Las masas de yeso habrá que hacerlas en cantidades pequeñas para ser usadas inmediatamente y evitar su aplicación cuando este "muerto". Se prohíbe la preparación del yeso en grandes artesas con gran cantidad de agua para que vaya espesando según se va empleando. Si el guarnecido va a recibir un guarnecido posterior, quedará con su superficie rugosa a fin de facilitar la adherencia del enlucido. En todas las esquinas se colocarán guardavivos metálicos de 2 m. de altura. Su colocación se hará por medio de un reglón debidamente aplomado que servirá, al mismo tiempo, para hacer la muestra de la esquina. La medición se hará por metro cuadrado de guarnecido, incluyéndose en el pecio todos los medios auxiliares, andamios, banquetas, etc., empleados para su contracción. En el precio se incluirán así mismo los guardavivos de las esquinas y su colocación.

Para los enlucidos se usarán únicamente yesos blancos de primera calidad. Es fundamental que la mano de yeso se aplique inmediatamente después de amasarlo, para evitar que el yeso este "muerto". Inmediatamente después del amasado se extenderá sobre el guarnecido de yeso hecho previamente, extendiéndolo con la llana y apretando fuertemente hasta que la superficie quede completamente lisa y fina. El proceso de enlucido será de 2 a 3 *mm*. El enlucido es incluido en el precio del guarnecido.

Antes de extender el mortero se prepara el paramento sobre el cual haya de aplicarse. En todos los casos se limpiarán bien de polvo los paramentos y se lavarán, debiendo estar húmeda la superficie de la fábrica antes de extender el mortero. La fábrica debe estar en su interior perfectamente seca. Las superficies de hormigón se picarán, regándolas antes de proceder al enfoscado. Preparada así la superficie se aplicará con fuerza el mortero sobre una parte del paramento por medio de la llana. Para confeccionar el mortero las cantidades de los diversos componentes necesarios vendrán especificadas en la Documentación Técnica; en caso contrario, cuando las especificaciones vengan dadas en proporción, se seguirán los criterios establecidos, para cada tipo de mortero y dosificación, en la Tabla 5 de la NTE/RPE. La temperatura del agua utilizada en el amasado, debe estar comprendida entre 5°C y 40°C. El mortero se batirá hasta obtener una mezcla homogénea. Los morteros de cemento y mixtos se aplicarán posteriormente a su amasado, sin embargo los de cal no se podrán utilizar hasta 5 horas después. Se limpiarán los útiles de amasado cada vez que se vaya a confeccionar un nuevo mortero.

Antes de la ejecución del enfoscado se comprobará que las superficies a revestir no se verán afectadas, antes del fraguado del mortero, por la acción lesiva de agentes atmosféricos de cualquier índole o por las propias obras que se ejecutan simultáneamente. Los elementos fijos como rejas, ganchos, cercos, etc., han sido recibidos previamente cuando el enfoscado ha de quedar visto. Se han reparados los desperfectos que pudiera tener el soporte y este se halla fraguado cuando se trata de mortero u hormigón.

Para la ejecución se amasará la cantidad de mortero que se estime pueda aplicarse en óptimas condiciones antes de que se inicie el fraguado. Antes de aplicar el mortero sobre el soporte, se humedecerá ligeramente este a fin de que no absorba agua necesaria para el fraguado.

Transcurridas 24 horas desde la aplicación del mortero, se mantendrá húmeda la superficie enfoscada hasta que el mortero haya fraguado. No se fijarán elementos en el enfoscado hasta que haya fraguado totalmente y no antes de 7 días.

Artículo XI. Carpintería de metal.

Para la construcción y montaje de elementos de carpintería metálica se observarán rigurosamente las indicaciones de los planos del proyecto. Todas las piezas de carpintería metálica deberán ser montadas, necesariamente, por la casa fabricante o personal autorizado por la misma, siendo el suministrador el responsable del perfecto funcionamiento de todas y cada una de las piezas colocadas en obra. Todos los elementos se harán en locales cerrados y desprovistos de humedad, asentadas las piezas sobre rastreles de madera, procurando que queden bien niveladas y no haya ninguna que sufra alabeo o torcedura alguna.

La medición se hará por metro cuadrado de carpintería, midiéndose entre lados exteriores. En el precio se incluyen los herrajes, junquillos, retenedores, etc., pero quedan exceptuadas la vidriera, pintura y colocación de cercos.

Artículo XII. Pintura.

La superficie que se va a pintar deberá estar seca, desengrasada, sin óxido ni polvo, para lo cual se empleará cepillos, sopletes de arena, ácidos y alices cuando sean metales. Los poros, grietas, desconchados, etc., se llenarán con másticos o empastes para dejar las superficies lisas y uniformes.

Los másticos y empastes se emplearán con espátula en forma de masilla, una vez secos, se pasarán con papel de lija en pareces y se alisarán con piedra pómez, agua y fieltro, sobre metales.

Las pinturas se podrán dar con pinceles y brocha, con aerógrafo, con pistola, (pulverizando con aire comprimido) o con rodillos.

La pintura se medirá y abonará en general, por metro cuadrado de superficie pintada. En los precios respectivos esta incluidos el coste de todos los materiales y operaciones necesarias para obtener la perfecta terminación de las obras, incluso la preparación, lijado, limpieza, plastecido, etc. y todos cuantos medios auxiliares sean precisos.

Artículo XIII. Fontanería.

La instalación de fontanería será la especificada en mediciones presentándose perfectamente unida a los aparatos y comprobándose su puesta a punto, para certificar los aparatos sanitarios. La instalación de fontanería se montará a la vista de los planos definitivos de obra, para lo cual presentará la casa instaladora sus correspondientes planos de montaje, exigiéndose esta premisa como condición previa.

Las uniones entre los tramos de tuberías, así como las de estos a los aparatos serán del tipo apropiado de acuerdo con la normativa vigente de aplicación en función del material de ejecución.

El Contratista está obligado a montar los aparatos necesarios para comprobar las debidas condiciones de la instalación en todos sus aspectos y como determine la Dirección Facultativa.

Para la ejecución de la red exterior de abastecimiento se asegurará también la estanqueidad y la posibilidad de vaciado y purgado de toda ó parte de la red. Las tuberías de abastecimiento de agua deberán cumplir en toda su extensión el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de agua, aprobado por Orden de 9 de Diciembre de 1975.

La medición se hará por metro lineal de tubería realmente ejecutada, incluyéndose e ella el lecho de hormigón y los corchetes de unión. Las arquetas se medirán a parte por unidades.

Artículo XIV. Instalación eléctrica.

La ejecución de las instalaciones se ajustará a lo especificado en los reglamentos vigentes y a las disposiciones complementarias que puedan haber dictado la Delegación de Industrial en el ámbito de su competencia. Así mismo, en el ámbito de las instalaciones que sea necesario, se seguirán las normas de la Compañía Suministradora de Energía. Toda la instalación cumplirá el Reglamento de Baja Tensión, y los distintos conductores tendrán las secciones mínimas que en él se prescriben.

Los mecanismos de electricidad serán los que figuran en los planos y en las mediciones, exigiéndose la marca, color y calidad definidos en aquellos, no permitiéndose aparatos defectuosos, decolorados, con fisuras, etc.. Los mecanismos se instalarán nivelados a las distancias que indique la Dirección Facultativa. La instalación definitiva se montará con los planos de la casa montadora en los que incluirán todos los pormenores de la instalación, exigiendo esta premisa como condición previa. La instalación irá empotrada bajo tubo de policloruro de vinilo, y de acuerdo con todas las normas de Baja y Alta Tensión de Ministerio de Industria, en todo lo concerniente a tomas de tierra, disyuntores automáticos, simultaneidad, etc., así como a las particulares de la Compañía Suministradora. Asimismo las canalizaciones se instalarán separadas 30 *cm*.

En cualquier caso todos los materiales de la instalación se protegerán durante el transporte, uso y colocación de los mismos. La instalación de toma de tierra será de uso exclusivo para la puesta a tierra de toda la instalación eléctrica. La tensión de contacto será inferior a 24 *V*. en cualquier masa, y con una resistencia del terreno menos de 20 *Ohmios*. Se cuidará en todo momento que los trazados guarden las:

- Maderamen, redes y nonas en número suficiente de modo que garanticen la seguridad de los operarios y transeúntes.
- Maquinaria, andamios, herramientas y todo el materia auxiliar para llevar a cabo los trabajos de este tipo.

Los conductores eléctricos, serán de cobre electrolítico, aislados adecuadamente, siendo su tensión nominal de 0,6/1 *Kilovoltios* para la línea repartidora y de 750 Voltios para el resto de la instalación, debiendo estar homologados según normas UNE citadas en la Instrucción MI-BT-044.

Los conductores de protección, serán de cobre y presentarán el mismo aislamiento que los conductores activos. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que éstos o bien en forma independiente, siguiéndose a este respecto lo que señalen las normas particulares de la empresa distribuidora de la energía. La sección mínima de estos conductores será la obtenido utilizando la tabla 2 (Instrucción ITC-BTC-19, apartado 2.3), en función de la sección de los conductores de la instalación.

Los conductores deberán poder ser identificados por el color de su aislamiento, de la siguiente manera:

- Azul claro para el conductor neutro.
- Amarillo - verde para el conductor de tierra y protección.
- Marrón, negro y gris para los conductores activos o fases.

Los conductores se alojarán en los tubos de protección después de ser colocados éstos. la unión de los conductores en los empalmes o derivaciones no se podrá efectuar por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regles de conexión, pudiendo utilizarse bridas de conexión. Estas uniones se realizarán siempre en el interior de las cajas de empalme o derivación.

Los tubos protectores a emplear serán aislantes flexibles normales, con protección grado 5 contra daños mecánicos, y que puedan curvarse con las manos, excepto los que vayan a ir por el suelo, que serán tipo PREPLAS, REFLEX o similar, y dispondrán de un grado de protección de 7. Además, deberá ser posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de haber sido colocados y fijados éstos y sus accesorios, debiendo disponer de los registros que se consideren convenientes.

Las cajas de empalme y derivaciones serán de plástico resistente o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener.

Los aparatos de mando y maniobra, interruptores y conmutadores, que cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia. Serán del tipo cerrado y de material aislante. Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura no pueda exceder en ningún caso de 65 °C en ninguna de sus piezas. Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales, y estarán probadas a una tensión de 500 a 1000 *Voltios*.

Los aparatos de protección son los disyuntores eléctricos, fusibles e interruptores diferenciales. Los disyuntores serán de tipo magnetotérmico de accionamiento manual, y podrán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia. Su capacidad de corte para la protección del cortocircuito estará de acuerdo con la intensidad del corto-circuito que pueda presentarse en un punto de la instalación, y para la protección contra el calentamiento de las líneas se regularán para una temperatura inferior a los 60 °C. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión. Estos automáticos magnetotérmicos serán de corte omnipolar, cortando la fase y neutro a la vez cuando actúe la desconexión. Los interruptores diferenciales serán como mínimo de alta sensibilidad (30 mA.) y además de corte omnipolar. Podrán ser "puros", cuando cada uno de los circuitos vayan alojados en tubo o conducto independiente una vez que salen del cuadro de distribución, o del tipo con protección magnetotérmica incluida cuando los diferentes circuitos deban ir canalizados por un mismo tubo. Los fusibles a emplear para proteger los circuitos secundarios o en la centralización de contadores serán calibrados a la intensidad del circuito que protejan.

Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Deberán poder ser reemplazados bajo tensión sin peligro alguno, y llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.

Las tomas de corriente a emplear serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominales de trabajo y dispondrán, como norma general, todas ellas de puesta a tierra.

Las puestas a tierra podrán realizarse mediante placas de $500 \times 500 \times 3 \text{ mm}$. o bien mediante electrodos de 2 m . de longitud, colocando sobre su conexión con el conductores de enlace su correspondiente arqueta registrable de toma de tierra, y el respectivo borne de comprobación o dispositivo de conexión. El valores de la resistencia será inferior a 20 Ohmios .

Además se debe tener en cuenta:

- No se permitirán más de tres conductores en los bornes de conexión.
- Las conexiones de los interruptores unipolares se realizarán sobre el conductor de fase.
- No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.
- Todo conductor debe poder seccionarse en cualquier punto de la instalación en la que derive.
- Los conductores aislados colocados bajo canales protectores o bajo molduras se deberá instalarse de acuerdo con lo establecida en la Instrucción ITC-BT-20.

Artículo XV. Trabajos de remate, decoración y varios.

Todos los trabajos de decoración en piedra artificial, yesos, escayolas, etc., con las mejores calidades y con arreglo a las muestras ejecutadas y a los detalles elegidos. Las obras de pintura se harán con la clase de materiales que se especifiquen en medición, llevando como mínimo una mano de imprimación y dos de color que se designe, previa aprobación de las muestras que para cada caso se exijan. Cuantas obras se han mencionado y aquellas otras que fuese necesario ejecutar, se ajustarán en su ejecución a las mejores prácticas, y siempre a las instrucciones que se dictan por la Dirección o sus Auxiliares Técnicos de las obras.

Artículo XVI. Gestión de residuos.

Los residuos de construcción deberán separarse tal como se indica en la normativa, justificada en el Estudio de Gestión de Residuos de la Contracción.

Para los derribos: se realizarán actuaciones previas tales como apeos, apuntalamientos, estructuras auxiliares...para las partes ó elementos peligrosos, referidos tanto a la propia obra como a los edificios colindantes. Como norma general, se procurará actuar retirando los elementos contaminantes y/o peligrosos tan pronto como sea posible, así como los elementos a conservar o valiosos (cerámicas, mármoles...). Seguidamente se actuará desmontando aquellas partes accesibles de las instalaciones, carpintería, y demás elementos que lo permitan. Por último, se procederá derribando el resto.

El depósito temporal de los escombros, se realizará bien en sacos industriales iguales o inferiores a 1 metro cúbico, contenedores metálicos específicos con la ubicación y condicionado que establezcan las ordenanzas municipales. Dicho depósito en acopios, también deberá estar en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

El depósito temporal para RCDs valorizables (maderas, plásticos, chatarra...), que se realice en contenedores o en acopios, se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.

Los contenedores deberán estar pintados en colores que destaquen su visibilidad, especialmente durante la noche, y contar con una banda de material reflectante de, al menos, 15 centímetros a lo largo de todo su perímetro. En los mismos debe figurar la siguiente información: razón social, CIF, teléfono del titular del contenedor/envase, y el número de inscripciones en el Registro de Transportistas de Residuos, creando en el Artículo 43 de la Ley 5/2003, de 20 de marzo, de Residuos de la Comunidad de Madrid, del titular del contenedor. Dicha información también deberá quedar reflejada en los sacos industriales u otros elementos de contención, a través de adhesivos, placas, etc.

El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos, al menos, fuera del horario de trabajo, para evitar el depósito de residuos ajenos a las obras la que prestan servicio.

En el equipo de obra se deberán establecer los medios humanos, técnicos y procedimientos de separación que se dedicarán a cada tipo de RCD.

Se deberán atender los criterios municipales establecidos (ordenanzas, condicionados de la licencia de obras), especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición. En este último caso se deberá asegurar por parte del contratista realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación. Y también, considerar las posibilidades reales de llevarla a cabo: que la obra o construcción lo permita y que se disponga de plantas de reciclaje/gestores adecuados. La Dirección de Obras será la responsable última de la decisión a tomar y su justificación ante las autoridades locales o autonómicas pertinentes.

Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCDs, que el destino final (Planta de Reciclaje, Vertedero, Cantera, Incineradora, Centro de Reciclaje de Plásticos/Madera...) son centros con la autorización autonómica de la Consejería de Medio Ambiente, así mismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados por dicho Consejería, e inscritos en los registros correspondientes. Asimismo se realizará un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCDs deberán aportar los vales de cada retirada y entrega en destino final. Para aquellos RCDs (tierras, pétreos...) que sea reutilizados en otras obras o proyectos de restauración, se deberá aportar evidencia documental del destino final.

La gestión (tanto documental como operativa) de los residuos peligrosos que se hallen en una obra de derribo o se generen en una obra de nueva planta se regirá conforme a la legislación nacional vigente (Ley 10/1998, Real Decreto 833/88, Real Decreto 952/1997 y Orden MAM/304/2002), la legislación autonómica (Ley 5/2003, Decreto 4/1991...) y los requisitos de las ordenanzas locales. Asimismo los residuos de carácter urbano generados en las obras (restos de comidas, envases, lodos de fosas sépticas...), serán gestionados acorde con los preceptos marcados por la legislación y autoridad municipales.

Para el caso de los residuos con amianto, se seguirán los pasos marcados por la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, Anexo II, Lista de Residuos, Punto 17 06 05*(6), para considerar dichos residuos como peligrosos por el Real Decreto 108/1991, de 1 de febrero, sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto. Art.7., así como la legislación laboral de aplicación.

Los restos de lavado de canaletas/cubas de hormigón, serán tratadas como residuos "escombros".

Se evitará en todo momento la contaminación con productos tóxicos o peligrosos de los plásticos y restos de madera para su adecuada segregación, así como la contaminación de los acopios o contenedores de escombros con componentes peligrosos.

Las tierras superficiales que puedan tener un uso posterior para jardinería o recuperación de suelos degradados, será retirada y almacenada durante el menor tiempo posible, en caballones de altura no superior a 2 metros. Se evitará la humedad excesiva, la manipulación, y la contaminación con otros materiales.

Artículo XVII. Ayudas.

El Contratista queda obligado a realizar los trabajos de ayudas contratados porcentualmente o especificados en el presupuesto de contrata, justificando en ambos casos a través de partes de trabajo los costes que han supuesto las mismas en caso de alcanzar las cifras presupuestadas, las diferencias se descontarán de las certificaciones o de la liquidación final. En caso de superar las previsiones recogidas en contrato el contratista no tendrá derecho a reclamar cantidad adicional alguna.

Se consideran ayudas las siguientes:

- Apertura de cierre y de rozas.
- Pasos en muros y forjados.
- Andamiaje necesario, comprendiendo su montaje, desmontaje y desplazamiento.
- Mano de obra y maquinaria mecánica para la descarga y desplazamiento de los materiales pesados de la obra.
- Fijación de muros de madera o metálicos, bien sea en obras de fábrica o en falsos techos de escayola, etc.
- Instalaciones de puntos de luz, fuerza y agua, necesarios para la ejecución de las instalaciones.

Por el contrario no se consideran ayudas de albañilería a aquellos trabajos que puedan ser medibles como unidades de obra y que recogemos a continuación:

- Excavaciones y rellenos.
- Construcciones de barricadas.
- Pozos, alijes, etc.
- Alineaciones de ventilación, o conductos en obras de fábrica.
- Repuestos para inspección.

Artículo XVIII. Precauciones a adoptar.

Las precauciones a adoptar durante la construcción de la obra será las previstas por la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el trabajo aprobada por O.M. de 9 de marzo de 1971 y R.D. 1627/97 de 24 de octubre.

PRESUPUESTO Y ESTADO DE MEDICIONES

Índice

1.	Presupuesto parcial nº1 Actuaciones previas.	5
2.	Presupuesto parcial nº2 Movimiento de Tierras.....	6
2.1.	Canal recepción.....	6
2.2.	Canal principal.....	6
2.3.	Desbaste	6
2.4.	Tanque de homogeneización y reactor.	7
2.5.	Desarenador - desengrasador.	7
2.6.	Tanque coagulación.	7
2.7.	Tanque floculación.	7
2.8.	Decantador primario	8
2.9.	Decantador secundario.....	8
3.	Presupuesto parcial nº3 Estructuras.	9
3.1.	Canal recepción.....	9
3.2.	Canal principal.....	9
3.3.	Desbaste.....	9
3.4.	Tanque homogeneización y reactor.	10
3.5.	Desarenador - Desengrasador.	10
3.6.	Tanque coagulador.....	11
3.7.	Tanque floculador.	11
3.8.	Decantador primario.	12
3.9.	Decantador secundario.....	12

4.	Presupuesto parcial nº4 Equipos.	14
4.1.	Desbaste.	14
4.2.	Tanque homogeneización.	14
4.3.	Desarenador-Desengrasador.	14
4.4.	Coagulador.	15
4.4.1.	Tanque preparación del coagulante.	15
4.5.	Floculador.	16
4.5.1.	Tanque preparación floculante.	16
4.6.	Decantador primario.	18
4.7.	Tratamiento biológico.	18
4.8.	Decantador secundario.	18
5.	Presupuesto de ejecución material	19

1. Presupuesto parcial nº1 Actuaciones previas.

Código	Ud.	Denominación	Medición	Precio	Total		
<hr/>							
1.1 ADL005	m²	Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.					
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
<hr/>							
		Desbroce y limpieza del terreno	1	128,000	89,000		11.392,000
		Total m²			11.392,000	0,65	7.404,80
Total presupuesto parcial nº1							7.404,80

2. Presupuesto parcial nº2 Movimiento de Tierras.

Código	Ud.	Denominación	Medición	Precio	Total
--------	-----	--------------	----------	--------	-------

2.1.Canal recepción.

2.1.1 ADE010 m³ Excavación en zanjas para cimentaciones en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Excavación del canal de recepción		23,180	0,400	0,423	3,922
Total m ³			3,922	20,50	80,40

2.2.Canal principal.

2.2.1 ADE010 m³ Excavación en zanjas para cimentaciones en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Excavación del canal principal		33,950	0,400	0,395	5,364
Total m ³			5,364	20,50	109,96

2.3.Desbaste

2.3.1 ADE010 m³ Excavación en zanjas para cimentaciones en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Desbaste		0,035	0,375	0,3423	0,006
Total m ³			0,006	20,50	0,12

2.4.Tanque de homogeneización y reactor.

2.4.1 ADE005 m³ Excavación de sótanos de más de 2 m de profundidad en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Excavación para el tanque de homogeneización		76,600	64,600	3,700	18.308,932
Total m ³			18.308,932	5,50	100.699,13

2.5.Desarenador - desengrasador.

2.5.1 ADE010 m³ Excavación en zanjas para cimentaciones en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
Excavación Desarenador - Desengrasador		15,840	0,980	1,430	22,198
Total m ³			22,198	20,50	455,06

2.6.Tanque coagulación.

2.6.1 ADE005 m³ Excavación de sótanos de más de 2 m de profundidad en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.

Total m³

		11,230	5,50	61,77
--	--	--------	------	-------

2.7.Tanque floculación.

2.7.1 ADE005 m³ Excavación de sótanos de más de 2 m de profundidad en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.

Total m³

		115,085	5,50	632,97
--	--	---------	------	--------

2.8.Decantador primario .

2.8.1 ADE005 m³ Excavación de sótanos de más de 2 m de profundidad en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.

Total m³: 520,980 5,50 2.865,39

2.9.Decantador secundario.

2.9.1 ADE005 m³ Excavación de sótanos de más de 2 m de profundidad en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión.

Total m³: 905,374 5,50 4.979,56

Total presupuesto parcial n°2 109.884,36

3. Presupuesto parcial nº3 Estructuras.

Código	Ud.	Denominación	Medición	Precio	Total
--------	-----	--------------	----------	--------	-------

3.1.Canal recepción.

3.1.1 ASI050b m Canaleta prefabricada de hormigón polímero, de 1000 mm de longitud, 400 mm de ancho y 425 mm de alto.

Total m: 23,180 37,80 876,20

3.2.Canal principal.

3.2.1 ASI050c m Canaleta prefabricada de hormigón polímero, de 1000 mm de longitud, 400 mm de ancho y 395 mm de alto.

Total m: 33,950 37,80 1.283,31

3.3.Desbaste.

3.3.1 PREF06 Ud. Ejecución de caseta prefabricada para equipos de 25,8 m² de superficie y 3,94 m de altura. Formada por: excavación de zanjas, cimentación de hormigón armado, solera de 10 cm. Totalmente montada e instalada incluyendo ayudas de albañilería, totalmente terminada. Incluye instalación tanto eléctrica como de fontanería desde el matadero hasta dicha instalación.

Total Ud.: 1,000 1.148,92 1.148,92

3.3.2 ASI050d m Canaleta prefabricada de hormigón polímero, de 35 mm de longitud, 650 mm de ancho y 375 mm de alto.

Total m: 0,035 37,80 1,32

3.4. Tanque homogeneización y reactor.

- 3.4.1 PREF01 Ud.** Depósito rectangular prefabricado de hormigón armado tipo HA-40/P/20/IIa de 5,00 m de altura y dimensiones interiores 76x64 m compuesto por un total de 152 módulos perimetrales rectos de 2,00 m de largo, 6 módulos de 1,00 m y 4 módulos angulares. Depósito dividido en tres cámaras: dos cámaras iguales de 38x38 m y otra de 76x26 m mediante paneles divisorios de 2,00 m de largo y 5,00 m de altura también. Incluye instalación tanto eléctrica como de fontanería desde el matadero hasta dicha instalación.

Total Ud.: 1,000 418.903,40 418.903,40

- 3.4.2 CSL010 m³** Losa de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 85 kg/m³; acabado superficial liso mediante regla vibrante.

Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
	76,600	64,600	0,200	989,672
Total m ³		989,672	158,64	157.001,57

- 3.4.3 CSL020 m²** Formación de encofrado perdido de fábrica de bloque de hormigón de 20 cm de espesor, para losa de cimentación.

Uds.	Largo	Ancho	Alto	Subtotal
	76,600	64,600		4.948,360
Total m ²		4.948,360	20,37	100.798,09

3.5. Desarenador - Desengrasador.

- 3.5.1 PREF07 Ud.** Canal de hormigón armado tipo HA-40/P/20/IIa con una longitud interior de 15,75 m y con las demás medidas (incluidos los ángulos) definidas en el Proyecto. Incluye instalación tanto eléctrica como de fontanería desde el matadero hasta dicha instalación.

Total Ud.: 1,000 2.349,89 2.349,89

3.6. Tanque coagulador.

- 3.6.1 PREF02 Ud. Depósito circular prefabricado de hormigón armado tipo HA-40/P/20/IIa con un diámetro interior de 2,50 m compuesto por un total de 4 módulos todos de ellos de 3,00 m de altura. Incluye instalación tanto eléctrica como de fontanería desde el matadero hasta dicha instalación.**

Total Ud.: 1,000 1.712,10 1.712,10

- 3.6.2 CSL010 m³ Losa de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 85 kg/m³; acabado superficial liso mediante regla vibrante.**

Total m³: 1,322 158,64 209,72

- 3.6.3 CSL020 m² Formación de encofrado perdido de fábrica de bloque de hormigón de 20 cm de espesor, para losa de cimentación.**

Total m²: 6,606 20,37 134,56

3.7. Tanque floculador.

- 3.7.1 PREF03 Ud. Depósito circular prefabricado de hormigón armado tipo HA-40/P/20/IIa con un diámetro interior de 5,31 m compuesto por un total de 8 módulos todos de ellos de 5,81 m de altura. Incluye instalación tanto eléctrica como de fontanería desde el matadero hasta dicha instalación.**

Total Ud.: 1,000 17.121,02 17.121,02

- 3.7.2 CSL010 m³ Losa de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 85 kg/m³; acabado superficial liso mediante regla vibrante.**

Total m³: 5,122 158,64 812,55

- 3.7.3 CSL020 m² Formación de encofrado perdido de fábrica de bloque de hormigón de 20 cm de espesor, para losa de cimentación.**

Total m²: 25,608 20,37 521,63

3.8. Decantador primario.

- 3.8.1 PREF04 Ud.** Decantador primario prefabricado de hormigón armado tipo HA-40/P/20/IIa con un diámetro interior de 12,90 m compuesto por un total de 17 módulos todos de ellos de 5,1 m de altura y 2,40 m de largo. Canaleta de decantación incorporada en los paneles. Incluye instalación tanto eléctrica como de fontanería desde el matadero hasta dicha instalación.

Total Ud.: 1,000 31.949,67 31.949,67

- 3.8.2 CSL010 m³** Losa de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 85 kg/m³; acabado superficial liso mediante regla vibrante.

Total m³: 27,786 158,64 4.407,97

- 3.8.3 CSL020 m²** Formación de encofrado perdido de fábrica de bloque de hormigón de 20 cm de espesor, para losa de cimentación.

Total m²: 138,930 20,37 2.830,00

3.9. Decantador secundario.

- 3.9.1 PREF05 Ud.** Decantador secundario prefabricado de hormigón armado tipo HA-40/P/20/IIa con un diámetro interior de 17,62 m compuesto por un total de 28 módulos tipo ménsula todos de ellos de 4.74m de altura y 2,00 m de largo. Canaleta de decantación incorporada en los paneles. Incluye instalación tanto eléctrica como de fontanería desde el matadero hasta dicha instalación.

Total Ud.: 1,000 33.354,16 33.354,16

- 3.9.2 CSL010 m³** Losa de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 85 kg/m³; acabado superficial liso mediante regla vibrante.

Total m³: 48,768 158,64 7.736,56

3.9.3 CSL020 m² Formación de encofrado perdido de fábrica de bloque de hormigón de 20 cm de espesor, para losa de cimentación.

Total m²: 243,839 20,37 4.967,00

Total presupuesto parcial nº3 788.119,64

4. Presupuesto parcial nº4 Equipos.

Código	Ud.	Denominación	Medición	Precio	Total
4.1.Desbaste.					
4.1.1 REJ01	Ud.	Rejas autolimpiantes.			
		Total Ud.:	1,000	12.585,00	12.585,00
4.2.Tanque homogeneización.					
4.2.1 BOM01	Ud.	Bomba sumergida.			
		Total Ud.:	2,000	4.800,00	9.600,00
4.2.2 AIR01	Ud.	Difusor de burbuja gruesa.			
		Total Ud.:	1.044,000	65,00	67.860,00
4.2.3 EMB01	Ud.	Embolo rotativo SEM.85 TRCB.BV/DN350.			
		Total Ud.:	5,000	7.291,60	36.458,00
4.3.Desarenador-Desengrasador.					
4.3.1 AIR02	Ud.	Difusor de burbuja gruesa.			
		Total Ud.:	17,000	59,50	1.011,50
4.3.2 EMB02	Ud.	Embolo rotativo SEM.2 TRCB /DN350.			
		Total Ud.:	1,000	6.850,00	6.850,00
4.3.3 BOM02	Ud.	Bomba succión GF-40/11.			
		Total Ud.:	1,000	1.975,00	1.975,00
4.3.4 PM01	Ud.	Puente móvil longitudinal.			
		Total Ud.:	1,000	10.974,52	10.974,52

4.4.Coagulador.

4.4.1. Tanque preparación del coagulante.

- 4.4.1.1 PRE01 Ud. Preparador cilíndrico vertical, fondo con pendiente suficiente para permitir un vaciado total. Fabricado íntegramente en inox. 304, incluido patas, de diámetro 2500 mm, y altura 3000 mm, altura total incluido patas 3500 mm. Conexión inferior para bombeo y vaciado de producto macho 1/2".**

Total Ud.: 1,000 1.045,63 1.045,63

- 4.4.1.2 AGI03 Ud. Agitador lento a 100 rpm de 1,1 kW a 400 V, con brida de sujeción de 200 mm, longitud eje 2725 mm, eje y hélice marina inferior en inox, 316 de diámetro 265 mm.**

Total Ud.: 1,000 2.473,00 2.473,00

- 4.4.1.3 BOM07 Ud. Llenado automático de agua de red, que incorpora válvula regulación de caudal de esfera en inox, 304 de 1/2", electroválvula en PP en 1/2" a 220 V, rotámetro para lectura de caudal en PVC transparente para caudales de 60 a 600 l/h, llenado automático mediante 2 niveles instalados dentro del preparador ON-OFF.**

Total Ud.: 1,000 1.854,75 1.854,75

- 4.4.1.4 BOM08 Ud. Bomba dosificadora de Cloruro férrico puro. Bomba de pistón PS1 en inox. 316, con cabezal cerámico juntas de viton, para caudales de 0 a 110 l/h a 8 bar max. de presión, caudal regulable mediante potenciómetro. Motor trifásico de 0,25 kW a 400 V. Bomba instalada en la parte superior del preparador. La bomba llevará selector ON-AUTO-OFF, automático en función de los niveles de llenado del depósito y en paralelo al llenado automático con agua de red.**

Total Ud.: 1,000 1.445,63 1.445,63

- 4.4.1.5 BOM09 Ud. Bomba dosificadora de Cloruro férrico preparado, que succionará el producto desde la parte inferior del preparador, ya conectada la aspiración. Bomba tipo pistón PS2 en inox. 316, con cabezal cerámico, juntas de viton, para caudal unitario de 40 - 1000 l/h a presión máxima 8 bar, motor trifásico 0,75 kW a 400 V, con conexión a cuadro eléctrico y selector ON-OFF-AUTO, éste automatismo se deja con los bornes para que los monitorice el promotor como más le convenga. La bomba se instala en bancada en la base del preparador.**

Total Ud.: 2,000 1.700,19 3.400,38

4.4.1.6 CUA01 Ud. Cuadro eléctrico para la protección de todos los elementos electromecánicos (agitador, bomba producto puro y bomba producto preparado), y maniobra de llenado automático con los niveles tipo varilla instalados en preparador.

Total Ud.: 1,000 891,06 891,06

4.4.1.7 BOM10 Ud. Bomba dosificadora de producto concentrado en PVDF, con un rango de caudal máximo de 145 l/h a 1 bar, conexión con tubo 22x33 mm.

Total Ud.: 1,000 1.854,75 1.854,75

4.4.1.8 ACC01 Ud. Accesorios e instalación.

Total Ud.: 1,000 1.391,06 1.391,06

4.4.2 AGIT01 Ud. Agitador.

Total Ud.: 1,000 17.741,52 17.741,52

4.5. Floculador.

4.5.1. Tanque preparación floculante.

4.5.1.1 PRE02 Ud. Preparador cilíndrico vertical, fondo con pendiente suficiente para permitir un vaciado total. Fabricado íntegramente en inox. 304, incluido patas, de diámetro 1725 mm, y altura 2225 mm, altura total incluido patas 2725 mm. Conexión inferior para bombeo y vaciado de producto macho 1/2".

Total Ud.: 1,000 991,06 991,06

4.5.1.2 AGI04 Ud. Agitador lento a 100 rpm de 1,1 kW a 400 V, con brida de sujeción de 200 mm, longitud eje 1565 mm, eje y hélice marina inferior en inox, 316 de diámetro 185 mm.

Total Ud.: 1,000 2.225,70 2.225,70

4.5.1.3 BOM07 Ud. Llenado automático de agua de red, que incorpora válvula regulación de caudal de esfera en inox, 304 de 1/2", electroválvula en PP en 1/2" a 220 V, rotámetro para lectura de caudal en PVC transparente para caudales de 60 a 600 l/h, llenado automático mediante 2 niveles instalados dentro del preparador ON-OFF.

Total Ud.: 1,000 1.854,75 1.854,75

- 4.5.1.4 BOM11 Ud. Bomba dosificadora de polielectrolito puro. Bomba de pistón PS1 en inox. 316, con cabezal cerámico juntas de viton, para caudales de 0 a 110 l/h a 8 bar max. de presión, caudal regulable mediante potenciómetro. Motor trifásico de 0,25 kW a 400 V. Bomba instalada en la parte superior del preparador. La bomba llevará selector ON-AUTO-OFF, automático en función de los niveles de llenado del depósito y en paralelo al llenado automático con agua de red.**

Total Ud.: 1,000 1.287,00 1.287,00

- 4.5.1.5 BOM12 Ud. Bomba dosificadora de polielectrolito preparado, que succionará el producto desde la parte inferior del preparador, ya conectada la aspiración. Bomba tipo pistón PS2 en inox. 316, con cabezal cerámico, juntas de viton, para caudal unitario de 40 - 1000 l/h a presión máxima 8 bar, motor trifásico 0,75 kW a 400 V, con conexión a cuadro eléctrico y selector ON-OFF-AUTO, éste automatismo se deja con los bornes para que los monitorice el promotor como más le convenga. La bomba se instala en bancada en la base del preparador.**

Total Ud.: 2,000 1.530,17 3.060,34

- 4.5.1.6 CUA01 Ud. Cuadro eléctrico para la protección de todos los elementos electromecánicos (agitador, bomba producto puro y bomba producto preparado), y maniobra de llenado automático con los niveles tipo varilla instalados en preparador.**

Total Ud.: 1,000 891,06 891,06

- 4.5.1.7 BOM13 Ud. Bomba dosificadora de producto concentrado en PVDF, con un rango de caudal máximo de 145 l/h a 1 bar, conexión con tubo 12x17 mm.**

Total Ud.: 1,000 1.669,27 1.669,27

- 4.5.1.8 ACC01 Ud. Accesorios e instalación.**

Total Ud.: 1,000 1.391,06 1.391,06

- 4.5.2 AGIT02 Ud. Agitador.**

Total Ud.: 1,000 19.832,87 19.832,87

4.6. Decantador primario.

4.6.1 BOM03 Ud. Bomba succión GF-80/40.

Total Ud.: 1,000 2.115,00 2.115,00

4.6.2 PM02 Ud. Puente móvil radial.

Total Ud.: 1,000 18.275,21 18.275,21

4.7. Tratamiento biológico.

4.7.1 AIR03 Ud. Difusor de burbuja fina.

Total Ud.: 3.054,000 77,50 236.685,00

4.7.2 EMB03 Ud. Embolo rotativo SEM.75 TRCB.BV/DN300.

Total Ud.: 1,000 5.208,40 5.208,40

4.7.3 EMB01 Ud. Embolo rotativo SEM.85 TRCB.BV/DN350.

Total Ud.: 1,000 7.291,60 7.291,60

4.7.4 BOM01 Ud. Bomba sumergida.

Total Ud.: 1,000 4.800,00 4.800,00

4.7.5 BOM04 Ud. Bomba sumergida AT-150/4/200 C264.

Total Ud.: 1,000 4.950,00 4.950,00

4.7.6 BOM05 Ud. Bomba sumergida AT-150/4/240 C275.

Total Ud.: 2,000 5.175,00 10.350,00

4.8. Decantador secundario.

4.8.1 BOM06 Ud. Bomba succión GL-80/40.

Total Ud.: 1,000 2.175,00 2.175,00

4.8.2 PM03 Ud. Puente móvil radial.

Total Ud.: 1,000 21.481,49 21.481,49

Total presupuesto parcial nº4 525.946,61

5. Presupuesto de ejecución material

1	ACTUACIONES PREVIAS.....	7.404,80
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	109.884,36
3	ESTRUCTURAS.....	788.119,64
4	EQUIPOS.....	525.946,61
TOTAL:		1.431.355,41

El presupuesto de ejecución material asciende a la expresada cantidad de **UN MILLÓN CUATROCIENTOS TREINTA Y UN MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y CINCO EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMOS.**

